

PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE RIEGO EN EL CASO ESPECÍFICO DE
LA HACIENDA ASTURIAS, ENFOCADO AL DESARROLLO Y TECNIFICACIÓN
DEL CAMPO EN COLOMBIA

LUCAS MATEO TAMAYO BASTIDAS

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
MEDELLIN
2011

PLANTEAMIENTO DE UN SISTEMA DE RIEGO EN EL CASO ESPECÍFICO DE
LA HACIENDA ASTURIAS, ENFOCADO AL DESARROLLO Y TECNIFICACIÓN
DEL CAMPO EN COLOMBIA

LUCAS MATEO TAMAYO BASTIDAS

Proyecto de grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico

Asesor

Sergio Aristizabal Restrepo
Ingeniero de producción

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
MEDELLIN
2011

AGRADECIMIENTOS

- A mi familia por su apoyo incondicional durante todos estos años de estudio.
- A la hacienda Asturias por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto en sus instalaciones, y dejarme aplicar los conocimientos adquiridos durante mi formación y por todo el aprendizaje obtenido durante mi estadía.
- Al propietario y al administrador de la hacienda Palmira por brindarme la ayuda y las herramientas necesarias para la realización del proyecto.
- A mis compañeros y amigos que me guiaron a través del desarrollo de este proyecto.
- A Sergio Aristizabal, por su disponibilidad e interés en cada etapa de este proyecto.
- A la universidad EAFIT por la formación teórica y práctica ofrecida en mi carrera de ingeniería mecánica.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 GENERAL	14
2.2 ESPECÍFICOS.....	14
2.2.1 Objetivo 1	14
2.2.2 Objetivo 2	14
2.2.3 Objetivo 3	14
2.2.4 Objetivo 4	14
2.2.5 Objetivo 5	14
3 ALCANCE	15
4 ESTADO DEL ARTE	16
5 MARCO TEÓRICO.....	17
5.1 SISTEMA DE RIEGO	17
5.1.1 Aspersores	17
5.1.2 Riego con difusores	19
5.1.3 Riego por goteo	19
5.1.4 Riegos Subterráneos	20
5.1.5 Cintas de exudación	20
5.1.6 Microaspersores	21
5.1.7 Riego Con manguera.....	22
5.1.8 Riego con Pivote central.....	22
5.2 MEDIOS PARA TRANSPORTE DE AGUAS	23
5.2.1 Manguera de polietileno calibre 40 Agrominera	23
5.2.2 Tubería de Unión mecánica RIEBER	24
5.2.3 Canal abierto	25
5.3 SISTEMAS DE RIEGO IMPLEMENTADOS CON ÉXITO	27
5.3.1 Hacienda La Perla	27
5.3.2 Hacienda Palmira	27

5.3.3	Finca La Ciénaga.....	31
5.4	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD HIDROCLIMATICA DE LA ZONA.....	32
5.4.1	Precipitación de la zona.....	32
5.4.2	Evapotranspiración de la zona	34
5.4.3	Hidrología	38
5.4.4	Estudio de suelos	40
5.5	ECONOMÍA DEL SECTOR	42
6	METODOLOGÍA.....	43
6.1	NORMAS Y REGLAMENTACIONES VIGENTES.	47
6.2	DATOS TECNICOS.....	50
6.2.1	Propuesta de transporte de agua	50
6.2.2	Propuesta sistema de riego TIPO A	51
6.2.3	Propuesta sistema de riego TIPO B	55
6.2.4	Propuesta sistema de riego TIPO C	59
6.3	Calculos PARA SISTEMA DE RIEGO.....	61
6.3.1	Calculo de caudales	61
6.3.2	Calculo de perdidas	64
6.4	PRESUPUESTO Y FACTIBILIDAD ASOCIADA AL DESARROLLO DEL PROYECTO.	75
6.4.1	Presupuesto Propuesta 1	75
6.4.2	Presupuesto Propuesta 2	76
6.4.3	Presupuesto Propuesta 3	77
6.4.4	Gráficos Comparativos	78
6.4.5	Factibilidad Maíz - Algodón	80
7	CONCLUSIONES.....	93
8	BIBLIOGRAFIA	95
9	ANEXOS	99

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1- Precipitación en mm Valencia, Córdoba	33
Tabla 2- Evapotranspiración potencial para el municipio de Valencia, Córdoba ...	37
Tabla 3- Calculo para diseño de pivote TIPO A	61
Tabla 4- Calculo para diseño de pivote TIPO B.	62
Tabla 5- Calculo para diseño de pivote TIPO C.	63
Tabla 6- Formulas de pérdida de carga para tubería llena.....	64
Tabla 7- Coeficientes de rugosidad para tubería nueva.....	66
Tabla 8- Coeficiente de pérdidas para algunos accesorios.....	67
Tabla 9- Valores para punto crítico (pivot 1 y pivot 4) de red TIPO A calculadas con EPANET	69
Tabla 10- valores para punto crítico (pivot 5) de red TIPO B calculadas con EPANET	71
Tabla 11- Valores para punto crítico (pivot 3) de red TIPO B calculadas con EPANET	72
Tabla 12- Valores de tubería en propuesta TIPO B calculadas con EPANET	74
Tabla 13- Estructura de costos por hectárea para el cultivo de Maíz Tecnificado.	80
Tabla 14- Estructura de costos por hectárea para el cultivo de Algodón.	82
Tabla 15- Costos para el cultivo de maíz amarillo en el departamento de Córdoba con el uso de riego por Pivote.....	85
Tabla 16- Costos para el cultivo del algodón en el departamento de Córdoba con el uso de riego por Pivote.....	88

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1- Riego por aspersión.....	18
Ilustración 2- Aspersores.....	18
Ilustración 3- Riego por difusor y difusores	19
Ilustración 4- Sistema de riego por goteo	19
Ilustración 5- Riego subterráneo	20
Ilustración 6- Cintas de exudación	21
Ilustración 7- Microaspersores	22
Ilustración 8- Riego pivote central	23
Ilustración 9- Manguera de polietileno Agrominera	24
Ilustración 10- Tubería de unión mecánica	25
Ilustración 11- Canal Abierto	26
Ilustración 12- Aspersor SENNINGER 7025-2	27
Ilustración 13- Sistema de riego tipo pivote central Hacienda Palmira.....	28
Ilustración 14- Aspersor Senninger Sistema de riego hacienda Palmira.....	29
Ilustración 15- Motor-Bomba sistema de riego hacienda Palmira	30
Ilustración 16- Toma caño El Retorno	30
Ilustración 17- Aspersor GIGANTE #280 NAAN.....	31
Ilustración 18- Distribución espacial de la precipitación anual en el departamento de Córdoba.	34
Ilustración 19- Repartición de la evaporación y la transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo.....	35
Ilustración 20- Mapa de la distribución espacial de la temperatura del aire anual en el departamento de Córdoba.....	38
Ilustración 21- Cuenca del Rio Sinú y San Jorge	39
Ilustración 22- Mapa de capacidad de uso de tierras hacienda Asturias.....	40
Ilustración 23- Mapa de tipo de suelo hacienda Asturias	41
Ilustración 24- Datos generales del municipio de Valencia.	42
Ilustración 25- Potrero El Angleton hacienda Asturias	43

Ilustración 26- Hacienda Asturias con organización de potreros actuales	45
Ilustración 27 Formulario único nacional de solicitud de concesión de aguas superficiales	48
Ilustración 28- Detalle succión descarga	50
Ilustración 29- Imagen satelital propuesta de tubería para transporte de agua.....	51
Ilustración 30- Riego pivote central TIPO A	52
Ilustración 31- Hacienda Asturias con sistema de riego TIPO A y sus interferencias con su actual división de potreros	54
Ilustración 32- Riego pivote central TIPO B	55
Ilustración 33- Aspersión con doble cuello de ganso	56
Ilustración 34- Cuello de ganso doble	56
Ilustración 35- Diferencia entre aspersión por medio de cuello de ganso sencillo y doble	57
Ilustración 36- Hacienda Asturias con sistema de riego TIPO B y reorganización de potreros.	58
Ilustración 37- Riego pivote central TIPO C	59
Ilustración 38- Hacienda Asturias con sistema de riego TIPO C y reorganización de potreros.	60
Ilustración 39- Velocidades y presiones en punto crítico (pivot 1 y pivot 4) de red TIPO A calculadas con EPANET	68
Ilustración 41- Velocidades y presiones en punto crítico (pivot 5) de red TIPO B calculadas con EPANET	70
Ilustración 43- Velocidades y presiones en punto crítico (pivot 3) de red TIPO B calculadas con EPANET	72
Ilustración 45- Velocidades y presiones en pivote de red TIPO C calculadas con EPANET	73

1 INTRODUCCIÓN

El mundo cada día tiene mayores exigencias en los productos, bienes y servicios que obligan a los productores de estos a tecnificar sus procesos por esto, se debe enfocar la educación a fortalecer, tecnificar y actualizar la maquinaria, y los procedimientos que se utilizan en las diferentes áreas productivas de un país (Agenda21).

El país cuenta con grandes extensiones de tierra que actualmente están siendo sub utilizadas por diferentes motivos, en el 2009 el aporte del campo al PIB Colombiano fue del 7%, por esto es importante optimizar los procesos para obtener su mayor productividad en aquellos espacios donde aún es posible trabajar el campo (Mundial).

El aprovechamiento de los tres principales recursos naturales con los que cuenta Colombia pueden ser aprovechados en beneficio del agro.

- El clima que permite una buena productividad a lo largo del año gracias a que no es estacionario, y por lo cual permite una producción más estable durante el año.
- Los ríos colombianos mueven altos volúmenes de agua con los cuales se pueden aprovechar para hacer más sostenibles los cultivos que se encuentran en sus laderas.
- El suelo de especial fertilidad que ayuda al proceso del crecimiento de las plantas.

La recopilación de información en documentos, textos, visitas a cultivos que hayan implementado sistemas de riego eficientes y catálogos permite analizar los diferentes sistemas de riego que hayan sido desarrollados en el campo

Colombiano con el fin de obtener una propuesta viable para el caso específico de la hacienda Asturias.

El proyecto se desarrolla en un ambiente investigativo aplicado, con información presente en catálogos, visitas a empresas y opiniones de directivos de cultivos y expertos o personas con experiencia en la aplicación de sistemas de riegos tecnificados en Colombia, así como también conocimientos en las materias de mecánica de fluidos y diseño de máquinas.

Actualmente, en el mundo se habla como tema de actualidad sobre la perduración de los recursos naturales para garantizar estos a futuras generaciones. Para el caso concreto de los terrenos en Colombia, los monocultivos y la baja tecnificación del campo han generado grandes daños sobre los terrenos fértiles cultivables; dando de baja a terrenos que en algún momento se consideraron entre los más fértiles existentes en el mundo (Santa-María, 2011).

El proyecto de grado busca acoplar sistemas de tecnificación del campo para el caso concreto de Colombia. Buscando agregar por medio de los recursos hídricos disponibles, los nutrientes necesarios para dar la duración esperada al campo.

El principio para empezar a construir este sistema, está dado por la necesidad de mantener los terrenos, el caso de la Hacienda Asturias es sólo uno de los miles de Colombia, en los cuales se cuentan con recursos hídricos necesarios para hacer los desarrollos y pero un desarrollo casi nulo como campo. Los bajos niveles de conocimiento, además de los altos niveles de desinformación de las personas llevan a la falta de desarrollo del campo (Santa-María, 2011).

Por constitución una hacienda productora de carne es un monocultivo no perdurable en el tiempo, demostrable técnicamente por su uso diario; un ternero que nace pesando apenas algunos pocos kilos, puede tener rendimientos

excepcionales de engorde hasta de un kilo promedio por día en su tiempo de desarrollo. Este peso esta dado en una parte importante de la medida por agua, pero su medio para almacenar, son todas aquellos nutrientes que la tierra ha perdido.

Para los casos de terrenos tan extensos, los sistemas de riego y cuidado de los terrenos, no pueden estar dados por pequeños y frágiles sistemas. Deben de ser desarrollos de alta tecnología, con cálculos bien fundamentados y que garanticen el buen funcionamiento de estos para su perduración en el tiempo (Santa-María, 2011).

2 OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Desarrollar un Sistema de Riego para unas condiciones específicas de cultivo y geografía incorporando la mayor cantidad de componentes comerciales disponibles en el medio.

2.2 ESPECÍFICOS

2.2.1 Objetivo 1

Analizar las características o especificaciones de algunos sistemas de riego existentes.

2.2.2 Objetivo 2

Identificar medios para transporte de aguas en trayectos largos, mediante un análisis de beneficios.

2.2.3 Objetivo 3

Determinar las variables y sus valores críticos de ingeniería de los principales componentes del sistema de riego específico para la Hacienda Asturias.

2.2.4 Objetivo 4

Aplicar al desarrollo de la propuesta las normas y reglamentaciones vigentes asociadas a impulsar sistemas de riego emitidas por el gobierno y los ministerios a quienes competen los temas asociados al desarrollo y tecnificación del campo.

2.2.5 Objetivo 5

Desarrollo de un presupuesto y una factibilidad asociada al desarrollo del proyecto “Adaptación de un sistema de riego en el caso específico de la Hacienda Asturias, enfocado al desarrollo y tecnificación del campo en Colombia”.

3 ALCANCE

El proyecto se planteará dándole como alcance máximo la presentación de especificaciones técnicas suficientes para el montaje del sistema de riego en la Hacienda Asturias buscando acoplar la mayor cantidad de elementos comerciales disponibles. Se presentarán cálculos tanto económicos como técnicos necesarios para realizar el montaje del proyecto, pero en ningún momento se adquiere el compromiso de realizar el montaje del mismo.

En cuanto al diseño de la infraestructura necesaria para el montaje del proyecto, se presentaran especificaciones técnicas. Todo el caso se desarrollará en un lugar específico de estudio, ya que las condiciones tanto de terrenos como de distancias a fuentes de agua pueden variar enormemente de un lugar a otro lo cual modificaría todos los desarrollos llevados a cabo. Se analizará la normatividad vigente para la aplicación de sistemas de riego vista desde los puntos de vista tanto legales como ambientales (permisos necesarios, así como derechos sobre la merced de agua).

4 ESTADO DEL ARTE

La primera mitad del siglo XX la industria agrícola empieza a optimizar sus procesos mediante sistemas de riego, los países más avanzados del mundo se dedicaron a crecer la productividad de sus áreas rurales, esto debido a sus amplios conocimientos en la importancia de optimizar el espacio y crecer la productividad por unidad de área. (Wikipedia, 2011)

Las empresas norteamericanas han centrado sus esfuerzos en el diseño y desarrollo de sistemas de riego, en los cuales aplican no solo conocimientos en técnicas del campo, sino en geología, agronomía e Ingeniería. El ministerio de agricultura de Colombia viendo estos grandes avances existentes en el mundo, decidió implementar un plan de inversión para la implementación y tecnificación del campo. (Agricultura, 2007)

La productividad de los terrenos fértiles aledaños a los cauces de los ríos se debe a la acumulación de nutrientes por parte de los terrenos en épocas pasadas las cuales se facilitaban por las inundaciones que se producían cada año en la estación invernal. En el siglo XX, con las primeras ideas de tecnificación la mayoría de las fuentes hídricas comenzaron a ser controladas, se comenzó a construir presas y canales para retener agua, y así disminuir la inundación en los terrenos aledaños a los ríos. Esos ciclos que habían existido por miles de años se comenzaron a modificar y las tierras con el paso del tiempo se han sometido a mayores concentraciones de cultivos.

5 MARCO TEÓRICO

5.1 SISTEMA DE RIEGO

El nombre sistema de riego o perímetro de riego se le denomina a las estructuras que permiten aportar el agua necesaria al suelo para así favorecer el crecimiento de las plantas. Los primeros registros de riegos se remontan al 6000 a.C. en las civilizaciones de Egipto y Mesopotamia, donde los habitantes inundaban sus campos para luego drenarlos en el momento preciso del ciclo del cultivo (Traxco, 2010).

Algunas de las ventajas de los sistemas de riego son el ahorro en la mano de obra del riego, puesto que después de poner en funcionamiento el mismo, no tienen necesidad de mayor atención.

El mercado ofrece diferentes tipos de riego, algunos de los más utilizados son:

5.1.1 Aspersores

Los aspersores tienen un alcance superior a 6 m., es decir, arrojan el agua de 6 metros en adelante, según tengan más o menos presión y el tipo de boquilla, estos aspersores se pueden dividir en 2 tipos.

- Emergentes: Se levantan del suelo cuando se abre el riego y cuando se para, se retraen.
- Móviles: Se acoplan al extremo de una manguera y posicionando de un lugar a otro según su necesidad.

Ilustración 1- Riego por aspersión



Fuente: (Agriculturama, 2010)

Ilustración 2- Aspersores



Fuente: (Riegos Lopez Guisado , 2009)

5.1.2 Riego con difusores

Son parecidos a los aspersores pero de un tamaño menor y lanzan el agua a una distancia de entre 2 y 5 metros, según la presión y la boquilla que se utilice. El alcance se puede modificar abriendo o cerrando un tornillo que llevan muchos modelos en la cabeza del difusor.

Ilustración 3- Riego por difusor y difusores



Fuente: (SFcalefaccion, 2008)

5.1.3 Riego por goteo

Consiste en aportar el agua de manera localiza justo al pie de cada planta. Se encargan de ello los goteros o emisores. Estos pueden ser integrados en la propia tubería o de botón, que se insertan en la tubería, estos tipos de riego tienen la ventaja de tener un consumo de agua bajo.

Ilustración 4- Sistema de riego por goteo



Fuente: (hogarutil.com, 2011)

5.1.4 Riegos Subterráneos

Es uno de los métodos más modernos. Se está usando incluso para césped en lugar de aspersores y difusores en pequeñas superficies enterrando un entramado de tuberías. Se trata de tuberías perforadas que se entierran en el suelo a una determinada profundidad (de 5 y 50 cm) según la planta a regar y dependiendo si el suelo es más arenoso o arcilloso.

Las ventajas que posee este sistema, como la disminución de pérdidas por exposición al aire, la disminución de malezas, ya que la superficie se mantiene seca, es más estético, las tuberías al estar enterradas duran más pues no les da el sol, y se evitan problemas de vandalismo. Así mismo puede presentar inconvenientes por el atascamiento en las perforaciones por causas como la cal, o las raíces, para lo cual se recomienda utilizar herbicidas.

Ilustración 5- Riego subterráneo



Fuente: (Infojardin, 2009)

5.1.5 Cintas de exudación

Las cintas de exudación son tuberías de material poroso que distribuyen el agua de forma continua a través de los poros, lo que da lugar a la formación de una franja continua de humedad, que las hace muy indicadas para el riego de cultivos

en línea. Humedecen una gran superficie y es especialmente interesante en suelo arenoso y puede utilizarse en el riego de árboles.

Las presiones de trabajo son menores que las de los goteros. Esto hace necesario el empleo de reguladores de presión especiales o microlimitadores de caudal. Las cintas de exudación se pueden atascar debido a las algas y a los depósitos de cal (aguas calizas). Por tanto, requieren tratamientos de mantenimiento.

Ilustración 6- Cintas de exudación



Fuente: (Penuela, 2009)

5.1.6 Microaspersores

Los microaspersores son preferibles para textura arenosa, debido a que cubren más superficie que los propios goteros tradicionales, por ejemplo, para regar frutales. Este sistema de riego es idóneo para macizos de flores, rosales, pequeñas zonas, etc.

Ilustración 7- Microaspersores



Fuente: (Inta, 2002)

5.1.7 Riego Con manguera

Regar con manguera supone tenerla en la mano muchas horas. Para el Césped está claro que es el peor sistema. Además no se consigue una buena uniformidad, a unos sitios les cae más agua que a otros.

5.1.8 Riego con Pivote central

El pivote central recibe este nombre por el movimiento circular alrededor de un punto central al cual se le llama pivote, en la actualidad es uno de los sistemas de riego más eficientes, además que cuenta con la capacidad de distribuir fertilizantes y herbicidas, la capacidad de un sistema de pivote central de regar terrenos llanos como terrenos ondulados le ha dado la distinción de ser el instrumento más significativo de cambio en el concepto de agricultura desde la invención del tractor.

La característica más importante del riego con pivote central es su capacidad para regar uniformemente, lo cual se concibe con la instalación de aspersores a lo largo de la tubería principal, las boquillas de los aspersores varían con respecto a la distancia del punto central ya que a mayor radio, tendrán que regar un área mayor. (Traxco).

Ilustración 8- Riego pivote central



Fuente: (T-L Irrigation)

5.2 MEDIOS PARA TRANSPORTE DE AGUAS

5.2.1 Manguera de polietileno calibre 40 Agrominera

- Ventajas

Las ventajas de un tipo de manguera como esta se basan en sus bajos costos e instalación rápida, ya que a diferencia de otros tipos de tuberías que son rígidas estas se acomodan al terreno y vienen en rollos hasta de 50 metros de longitud, lo cual agiliza el proceso de instalación de la misma

- Desventajas

Las mangueras de este tipo son más propensas a daños a causa del peso del ganado (Ramírez, 2011).

Ilustración 9- Manguera de polietileno Agrominera



Fuente: (Mangueras&Maderas, 2006)

5.2.2 Tubería de Unión mecánica RIEBER

- Ventajas

Las ventajas de manejar una tubería de PVC son amplias y conocidas para este tipo de uso, una de ellas es que al ser una tubería con alta resistencia a la corrosión y a los ataques químicos, con paredes internas bastante lisas impide el atascamiento u obstrucciones, también tiene la ventaja que al ser una tubería de acople rápido, agiliza en gran forma la instalación de la misma, reduciendo materiales, mano de obra y tiempo en la consecución del proyecto.

La tubería de PVC al ser instalada a 80cm bajo la tierra tiene la ventaja de no ser deteriorada por el paso del ganado o automóviles, disminuyendo costos por reparaciones y mantenimientos, además de dificultar el hurto de la misma. (MAQUINARIApro)

- Desventajas

La instalación de la tubería en PVC tiene un valor significativo en el proyecto, ya que el tiempo y los costos para enterrar esta son altos además del costo de la tubería en sí misma.

Ilustración 10- Tubería de unión mecánica



Fuente: Aliatubos

5.2.3 Canal abierto

- Ventajas

Los canales de riego además de cumplir con la función de suministrar el agua necesaria para el abastecimiento del sistema de riego, pueden servir como bebederos para el ganado.

- Desventajas

La construcción de un canal abierto tiene un valor significativo en la inversión inicial de un proyecto por lo cual se debe tener sumo cuidado en el mantenimiento del mismo, así mismo al ser este abierto se pierde una cantidad considerable del agua debido a la evaporación cuando se tienen temperaturas elevadas. (Wikipedia, 2011)

Ilustración 11- Canal Abierto



Fuente: Wikipedia

5.3 SISTEMAS DE RIEGO IMPLEMENTADOS CON ÉXITO

5.3.1 Hacienda La Perla

La hacienda “La Perla” ubicada en Ciénaga, Magdalena de área 60.3 ha implemento un sistema de riego por aspersión con SENNINGER 7025-2 el cual maneja un caudal variable dependiendo de la presión a la que se opere el cual va desde 21 GPM a 35 PSI hasta 31.5 GPM a 80 PSI, se encuentra organizado con un patrón determinado a una distancia de 25m lo cual permite tener un riego más uniforme de todo el pasto, pero eleva los costos a la hora de la materializar el proyecto, ya que este consta de 980 aspersores, una gran cantidad de tubería en PVC, accesorios y mano de obra.

El presupuesto para este proyecto fue de **757.954.328** el cual es un precio muy elevado para un sistema de riego y donde la recuperación de la inversión toma muchos años. El presupuesto de este proyecto por hectáreas sería de 12'569.723.

Ilustración 12- Aspersor SENNINGER 7025-2



Fuente: (Senninger Irrigation)

5.3.2 Hacienda Palmira

En la hacienda Palmira se implementó en el año 2008 un sistema de riego con pivote central, el cual actualmente se encuentra sembrado en maíz.

Este sistema de riego marca T-L fue comprado en los Estados Unidos, y posteriormente llevado hasta el municipio de Cerete, ubicado en el departamento de Córdoba, donde fue puesto en funcionamiento, tiene un radio de 425.9 m y por ende tiene un área de riego total de 57 ha.

Ilustración 13- Sistema de riego tipo pivote central Hacienda Palmira



Fuente: El autor

Este sistema cuenta con diferentes tipos de aspersores marca Senninger las cuales dependiendo de su posición en el pivote tienen una mayor abertura en la boquilla para poder suministrar la lámina de agua necesaria para un riego adecuado, los aspersores manejan un caudal de salida desde 0.96 GPM el cual es un Senninger I-WOB standard 15 hasta un I-WOB White estándar 15 de caudal de salida de 4.50 GPM

Ilustración 14- Aspensor Senninger Sistema de riego hacienda Palmira



Fuente: El autor

La toma de agua se encuentra ubicada a 2071.81m en las orillas del caño El Retorno el cual desemboca en el Rio Sinú y de ahí es trasladada por medio de una tubería en PVC al centro del pivote, para realizar esta labor se utiliza una bomba Cornell 4RB con capacidad de 922 GPM, la cual es impulsada por un motor Marca Jhon Deere 4024T-270 de 18.12 hp, y opera a 1950 RPM

Ilustración 15- Motor-Bomba sistema de riego hacienda Palmira



Fuente: El autor

Ilustración 16- Toma caño El Retorno



Fuente: El Autor

5.3.3 Finca La Ciénaga

La finca La Ciénaga se encuentra ubicada en el municipio de Sopetrán ubicado a unos 74Kms de Medellín, y consta de una precipitación multianual menor a los 1200mm, esta zona se encuentra catalogada como un bosque seco tropical, el cual tiene un periodo de verano, que se extiende desde principios de diciembre hasta mediados de abril, las precipitaciones en la zona son de alta intensidad y relativamente concentradas.

Los suelos de la zona son en general de textura franca a franca arenosa, con piedras medianas y grandes en el subsuelo, de topografía ondulada suave, muy susceptibles a la erosión cuando son sometidos a laboreo intenso.

El cultivo sembrado en esta finca es pasto de corte, pero no es sometido al uso intensivo del ganado, es importante saber que en este lugar del país las temperaturas son altas con bajas humedades lo cual hacen el riego sea más frecuente para que sea efectivo el mismo.

El tipo de aspersor seleccionado para este riego fue el aspersor gigante #280 marca NAAN, con lo cual se aplica una lámina de agua diaria de 5mm/día.

Ilustración 17- Aspersor GIGANTE #280 NAAN



Fuente: (NAANDANJAIN, 2009)

5.4 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD HIDROCLIMATICA DE LA ZONA

5.4.1 Precipitación de la zona

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua que se deposita en la superficie de la tierra, este ocurre cuando la atmosfera se satura de vapor de agua, y esta se condensa, este proceso se puede dar por enfriamiento o añadiendo humedad (Ciclohidrologico.com).

La precipitación que llega a la superficie de la tierra se puede producir en diferentes formas como son:

- Lluvia
- Lluvia congelada
- Nieve
- Aguanieve
- Granizo

La virga es la precipitación que empieza a caer al suelo pero se evapora antes de llegar a la tierra (Ciclohidrologico.com).

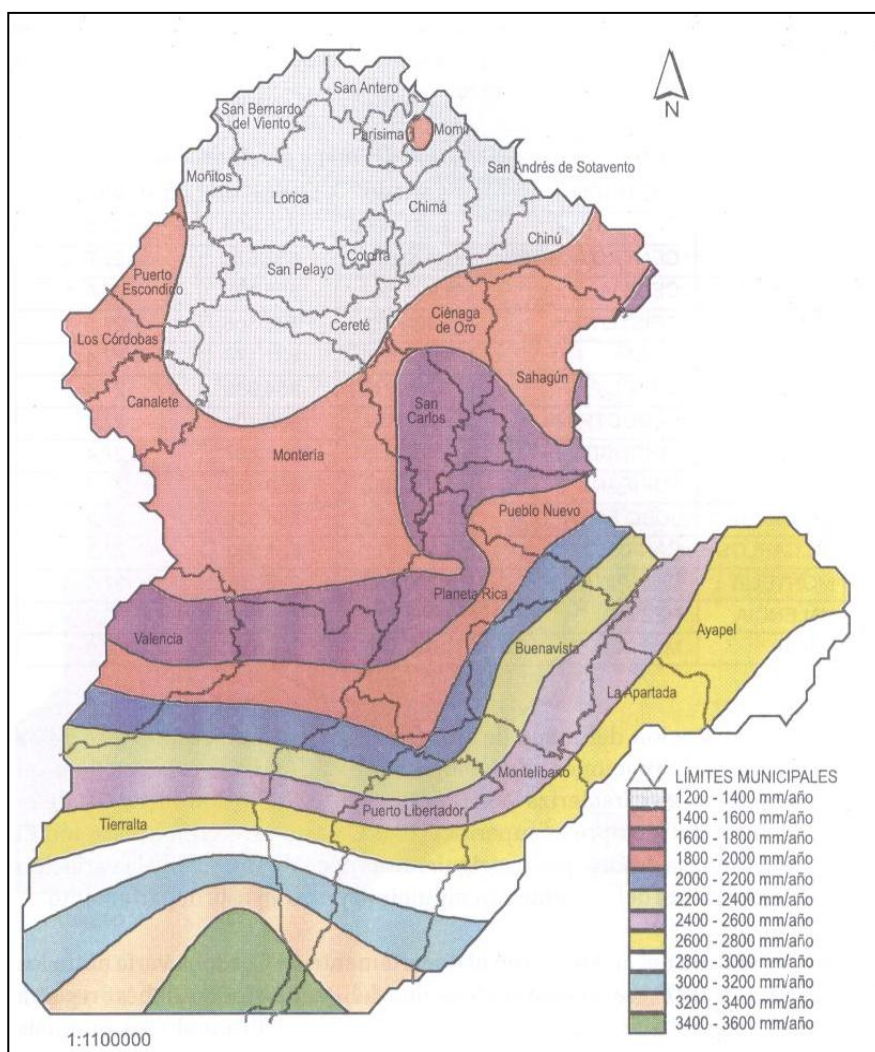
A continuación se representan los valores promedios de precipitación en milímetros durante el año para el municipio de Valencia, base histórica de 11 años (2000 – 2010), cuyos datos fueron obtenidos de la estación Valencia (pluviométrica).

Tabla 1- Precipitación en mm Valencia, Córdoba

	Precipitación mm/mes
Enero	9,6
Febrero	50,1
Marzo	65,6
Abril	126,3
Mayo	250,7
Junio	170,6
Julio	190,4
Agosto	195,0
Septiembre	186,6
Octubre	120,3
Noviembre	84,0
Diciembre	50,4
Total	1499,6

Fuente: Estación PEZVAL Valencia, Córdoba

Ilustración 18- Distribución espacial de la precipitación anual en el departamento de Córdoba.



Fuente: (Cueter, 2011)

5.4.2 Evapotranspiración de la zona

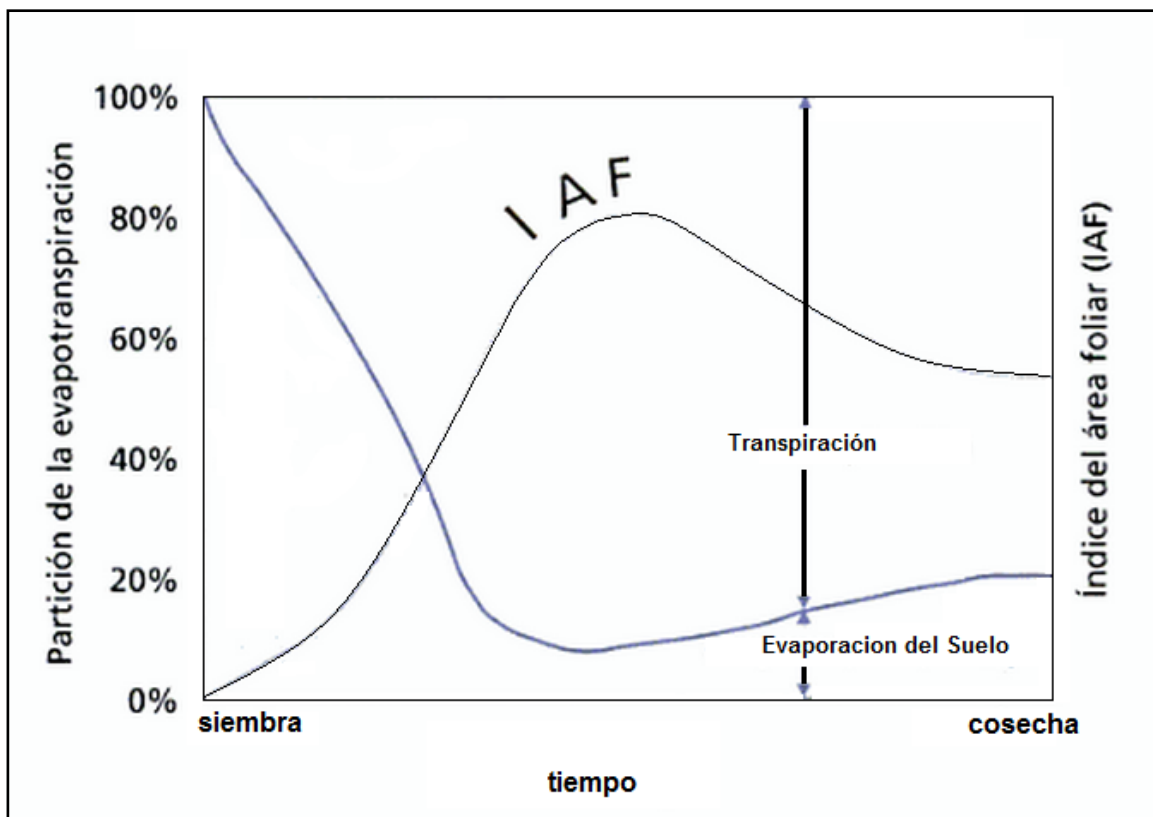
La evapotranspiración es la combinación de dos procesos separados por los cuales se pierde agua a través del suelo por evaporación y otra parte por la transpiración del cultivo.

La evaporación y la transpiración son dos procesos que ocurren simultáneamente, y no existe una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos, la

evaporación de un suelo cultivado es determinado por la cantidad de radiación solar que llega a la superficie del suelo, esta va disminuyendo a lo largo del ciclo del cultivo, así entre la planta sea más grande, esta proyectara mayor sombra sobre el suelo.

En las primeras etapas del cultivo la mayor cantidad de agua se perderá por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo, y cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convertirá en el proceso principal (Allen, 2006).

Ilustración 19- Repartición de la evaporación y la transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo.



Fuente: (Allen, 2006)

Los datos obtenidos de evapotranspiración potencial son en base a los resultados climáticos de la estación meteorológica Jaraguay ubicada en el municipio de Valencia, con un registro climático de 11 años. El cálculo de la evapotranspiración potencial se realizó en base al modelo propuesto por Thornthwaite. Este método utiliza la temperatura mensual promedio y el largo del día. La ecuación es la siguiente (Fagro, 2004):

Ecuación 1- Evapotranspiración potencial

$$Etp = 16 * \frac{L}{12} * \frac{N}{30} * \left(\frac{10 * Ta}{I} \right)^a$$

Dónde:

ETp = Evapotranspiración potencial estimada para 30 días, mm.

L = Duración del día (hr)

N = n° días en un mes

I = $\sum_1^{12} i$ Para todos los meses

i = $\left(\frac{Ta}{5} \right)^{1.514}$

Ta = Temperatura promedio mensual, °C.

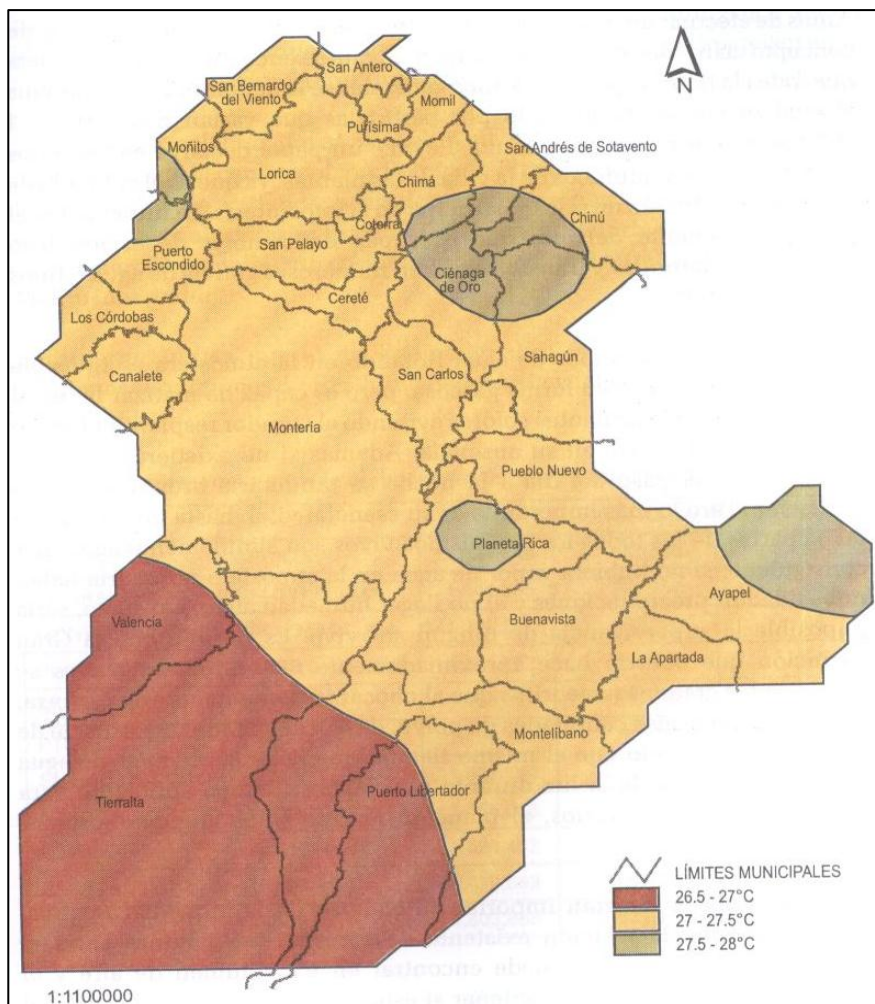
a = $(6.75 \times 10^{-7} I^3) - (7.71 \times 10^{-5} I^2) + 0.01792 I + 0.49239$

Tabla 2- Evapotranspiración potencial para el municipio de Valencia, Córdoba

Evapotranspiración Municipio de Valencia										
MES	T °C	i	a	l	ETP no ajustada	f	ETP ajustada	ETP diaria	ETP mensual	ETP mensual mm
Enero	26,92	12,790663	3,956093	155,65	14,44	0,98	14,15207	0,46	13,70	136,96
Febrero	27,29	13,057763	3,956093	155,65	13,77	0,99	13,62947	0,44	13,19	131,90
Marzo	27,66	13,326730	3,956093	155,65	16,08	1,00	16,07627	0,52	15,56	155,58
Abril	27,64	13,312144	3,956093	155,65	15,51	1,02	15,82349	0,51	15,31	153,13
Mayo	27,41	13,144791	3,956093	155,65	15,51	1,03	15,97434	0,52	15,46	154,59
Junio	27,20	12,992620	3,956093	155,65	14,56	1,04	15,14136	0,49	14,65	146,53
Julio	27,25	13,028797	3,956093	155,65	15,15	1,03	15,60862	0,50	15,11	151,05
Agosto	27,40	13,137531	3,956093	155,65	15,49	1,03	15,95130	0,51	15,44	154,37
Septiembre	26,69	12,625575	3,956093	155,65	13,51	1,01	13,64371	0,44	13,20	132,04
Octubre	26,82	12,718796	3,956093	155,65	14,23	1,00	14,22983	0,46	13,77	137,71
Noviembre	26,78	12,690088	3,956093	155,65	13,69	0,98	13,41593	0,43	12,98	129,83
Diciembre	26,97	12,826648	3,956093	155,65	14,55	0,98	14,25634	0,46	13,80	137,96

Fuente: El autor

Ilustración 20- Mapa de la distribución espacial de la temperatura del aire anual en el departamento de Córdoba.

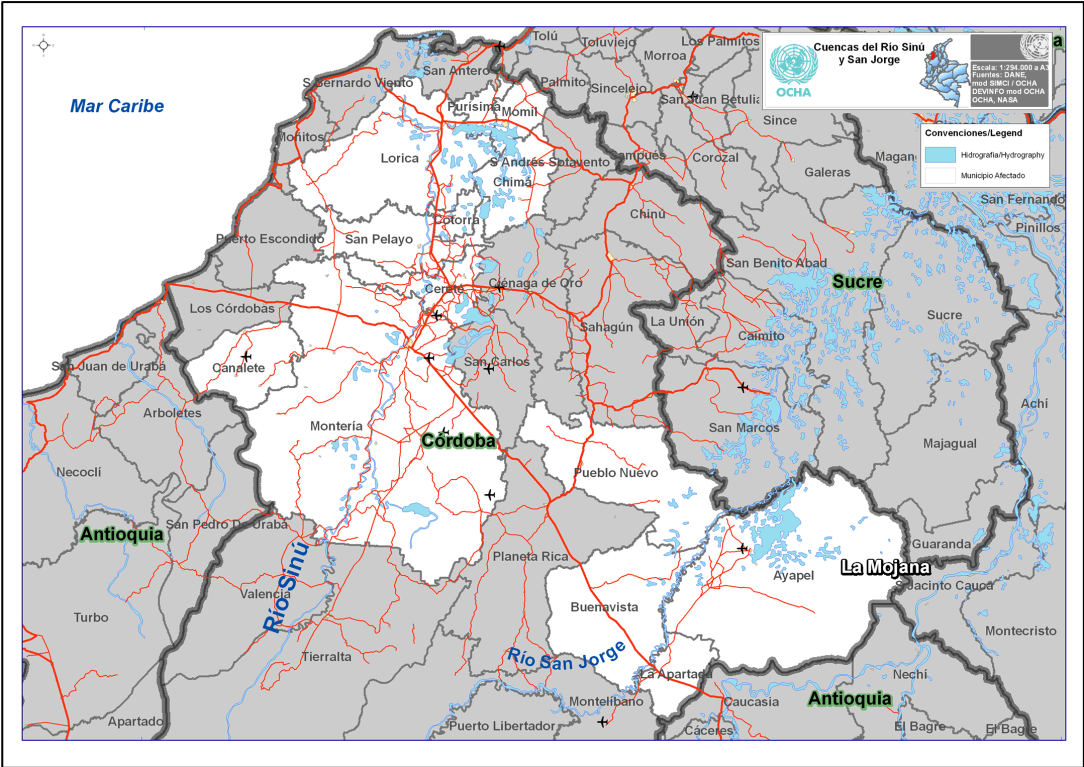


Fuente: (Cueter, 2011)

5.4.3 Hidrología

La mayor fuente de agua con la que cuenta el municipio de Valencia es el río Sinú el cual ocupa el tercer puesto en importancia en la vertiente del caribe, con una extensión total de 345 km, y el cual es navegable 200km hasta el puerto de Montería, el cual es su puerto principal, el valle del Sinú es una de las más fértiles de Colombia. El Sinú nace en el nudo de Paramillo y desemboca en la bahía de Cispatá (golfo de Morrosquillo) (colombialink, 2010).

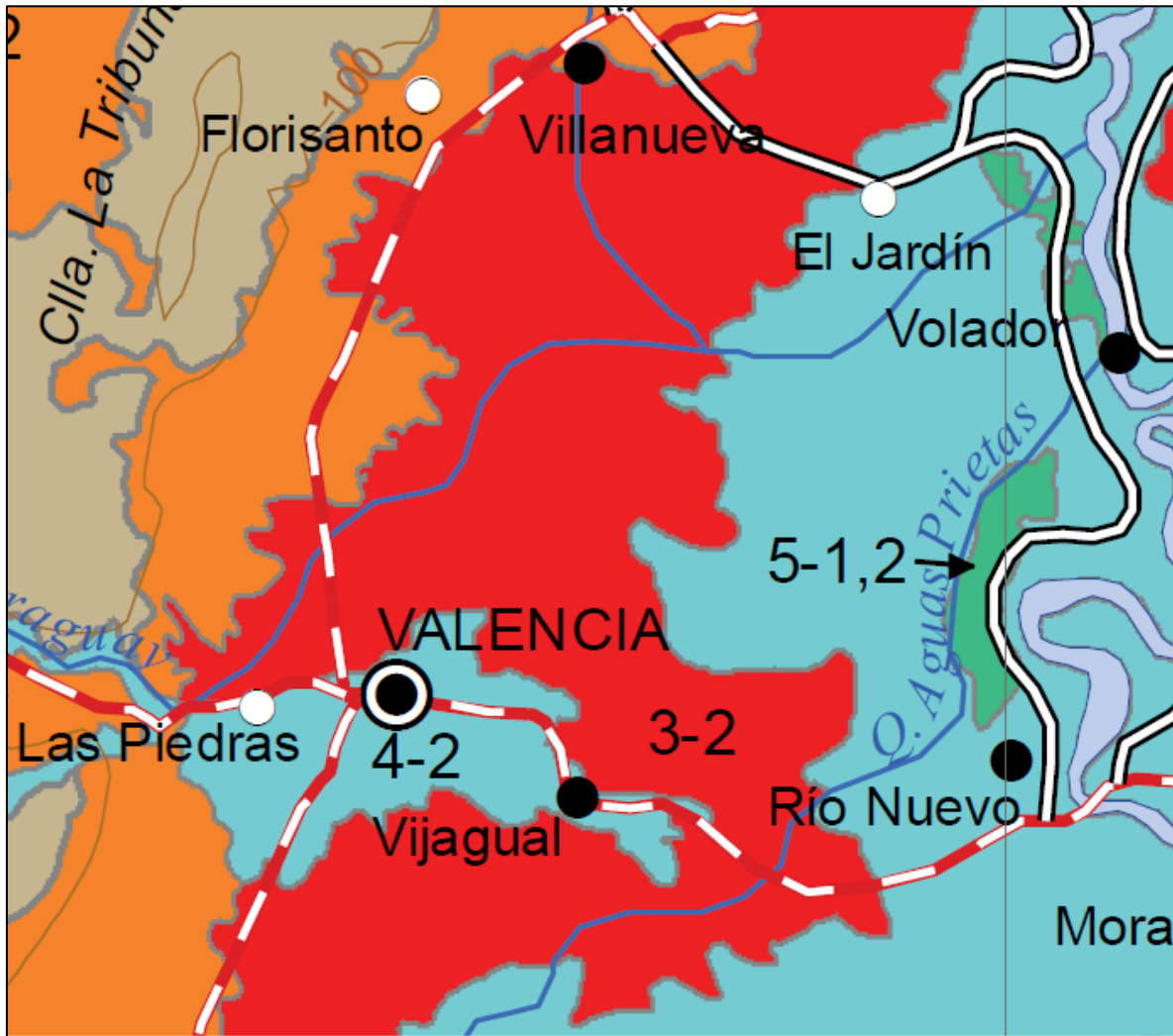
Ilustración 21- Cuenca del Río Sinú y San Jorge



Fuente: (OCHA, 2007)

5.4.4 Estudio de suelos

Ilustración 22- Mapa de capacidad de uso de tierras hacienda Asturias



Fuente: (IGAC, 2009)

El municipio de Valencia encuentra ubicada en un sector con características de clima cálido húmedo, en relieve plano y plano-cóncavo, con pendientes menores de 3%. Tienen como limitaciones la escasez de lluvias, susceptibilidad a inundaciones y/o encharcamientos, nivel freático fluctuante, algunos con sales en el subsuelo y profundidad efectiva superficial.

Las tierras del municipio de Valencia son aptas para cultivos de maíz, sorgo, arroz, soya, caña de azúcar, palma de aceite, plátano y frutales; ganadería semi-intensiva. Se debe hacer fertilizaciones de acuerdo con las características de los suelos, aplicación de materia orgánica, canales de riego y drenaje (IGAC, 2009).

Ilustración 23- Mapa de tipo de suelo hacienda Asturias



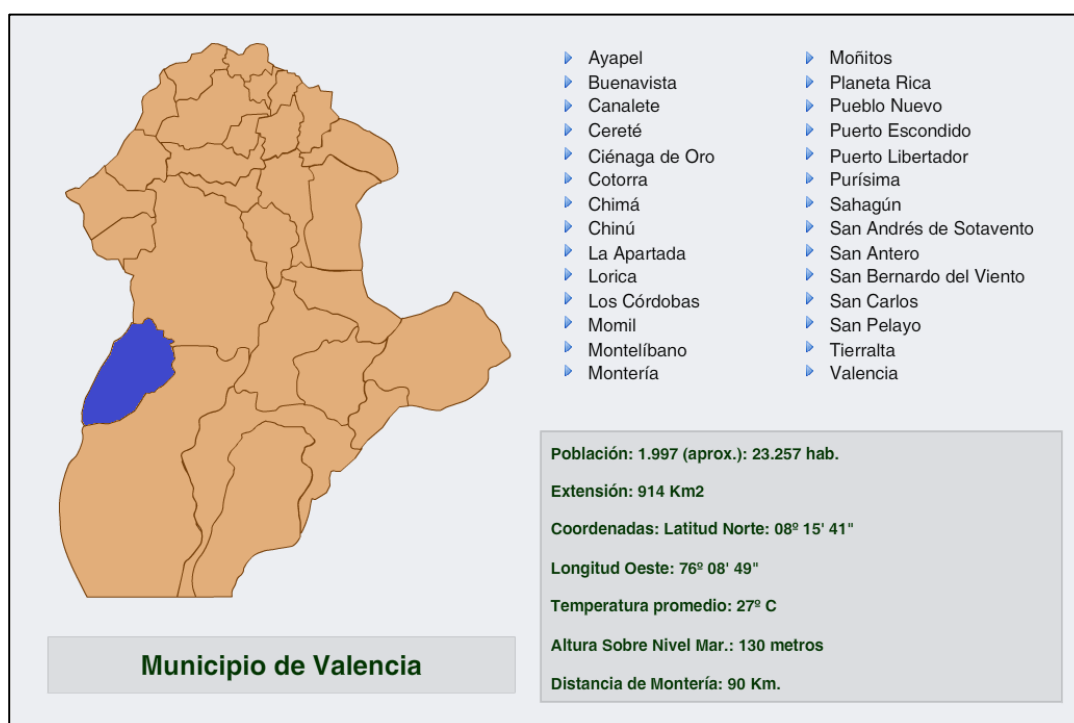
Fuente: (IGAC, 2009)

“Suelos en posición geomorfológica de abanicos y/o glacís, de clima cálido húmedo y con relieve ligeramente plano a ligeramente ondulado. Profundos y moderadamente profundos, derivados de sedimentos mixtos eutróficos; drenaje moderado e imperfecto; texturas finas y en algunos sectores moderadamente finas y medias; fertilidad alta y moderada. La unidad está constituida por los suelos: Typic Eutrudepts 30%, Vertic Eutrudepts 20%, Fluvaquentic Eutrudepts 20% y Typic Hapludolls 20” (IGAC, 2009).

5.5 ECONOMÍA DEL SECTOR

La principal fuente de la económica del departamento de Córdoba es la ganadería siendo uno de los principales departamentos ganaderos de Colombia, así como también cuenta con un valle potencialmente rico como es el del Sinú y San Jorge, los principales cultivos de la región son el maíz tradicional y tecnificado, algodón, sorgo, arroz seco manual, arroz seco mecanizado, yuca, plátano y ñame (FINAGRO, 2006).

Ilustración 24- Datos generales del municipio de Valencia.



Fuente: (Córdoba, 2011)

6 METODOLOGÍA

La hacienda Asturias es una hacienda ganadera tradicional con un área de 214ha, ubicada en el municipio de Valencia en el departamento de Córdoba en el km 1 vía montería, la cual se dedica desde sus inicios al cultivo agrícola bien sea con fines de ceba, y/o producción de alimentos agrícolas para el consumo humano.

Ilustración 25- Potrero El Angleton hacienda Asturias



Fuente: El Autor

La tierra donde se encuentra la hacienda actualmente, en los años cincuenta fue parte de la selva del valle del Sinú la cual en esta época fue colonizada y abriendo monte, para la utilización de estos fértiles terrenos.

La hacienda originalmente contaba con 5000 ha pertenecientes a el señor Mario Saldarriaga quien a su muerte, dejó en herencia a sus dos hijos la hacienda por

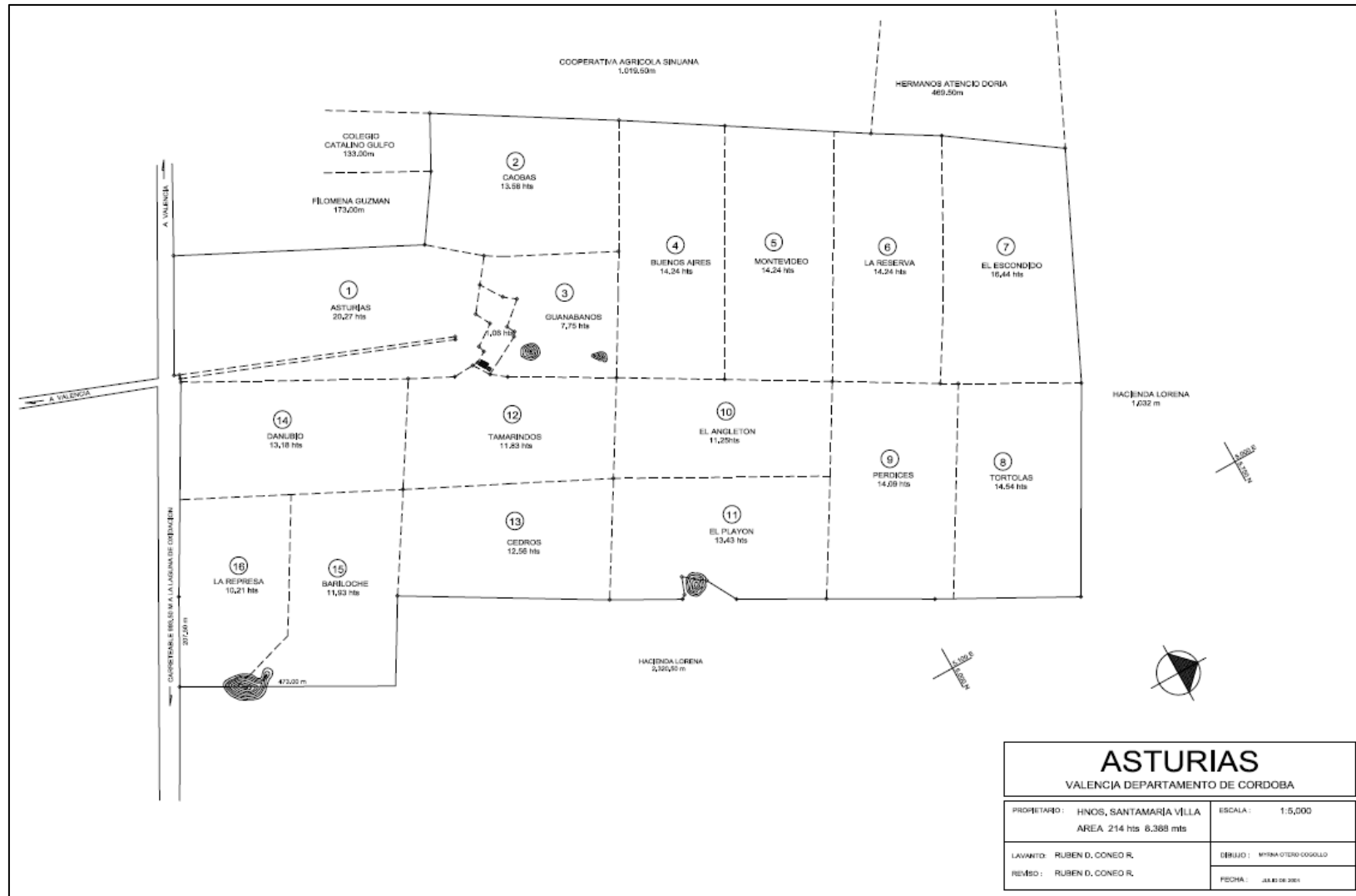
partes iguales, las cuales tomaron por nombre, hacienda Los Campanos, y Hacienda Asturias.

En los años 70's la hacienda Asturias fue dividida en 5 haciendas, quedando una de ellas con el nombre "Asturias"; esta, fue la más pequeña de todas pero contiene la mejor calidad de los suelos, y la mayoría. A partir de esa época la hacienda se ha mantenido con su área actual y dueño.

El terreno actual cuenta con una capacidad de 3 cabezas de ganado por hectárea, y con capacidad de rendimiento de hasta 1.2 kilos por cabeza de ganado día. De acuerdo a el nivel de humedad de cada potrero se han sembrado diferentes tipos de pasto, como pasto tipo Angleton y Admirable.

La meta a mediano plazo de la hacienda es transformar está a un cultivo netamente agrícola, implementando cultivos tecnificados de algodón y maíz (Santa-María, 2011).

Ilustración 26- Hacienda Asturias con organización de potreros actuales



La adquisición de un sistema de riego en una población determinada incurre técnicamente en efectos positivos para el sistema de producción al cual se puntualice, en el departamento de Córdoba se cuenta con buenas fuentes acuíferas las cuales no son aprovechadas en su mayoría, ya que los productores no manifiestan una vocación sobre la aplicación de riego; sin embargo, estudios técnicos demuestran que la implementación del sistema de riego mediante pivote en el departamento de Córdoba, pueden proporcionar excelentes resultados sobre el incremento en la producción (Santa-María, 2011).

La implementación del sistema trae consigo el uso de personal técnico calificado, por lo que se deberá capacitar para el buen uso en las labores algunas personas. El ministerio de agricultura ha establecido que por cada hectárea se generan 0.25 empleos directos y 0.75 empleos indirectos, lo cual representa para el departamento de Córdoba alrededor de 5425 empleos directos y 16275 empleos indirectos, cifras favorables para cualquier sistema de producción. El cultivo de maíz ha establecido que por cada hectárea requieren 45 jornales y que por cada 50 jornales se genera un empleo directo, lo cual representa para el área establecida en el departamento de Córdoba se generan alrededor de 22500 empleos directos, en toda el área cultivada (Agricultura, 2007).

El proyecto está dirigido a beneficiar el municipio de Valencia, para el cual se requerirán alrededor de 50 empleos directos para realizar las labores en 214 hectáreas de terreno, de ahí las implicaciones sociales positivas que genera el diseño de un sistema que logre obtener producciones de forma tecnológica (Santa-María, 2011).

Las ventajas que se puedan justificar de los sistemas de producción con el uso de sistemas de riego por Pivote son infinitas; sin embargo, por efectos prácticos es conveniente mencionar que con el uso del sistema se pueden incrementar los rendimientos en los cultivos de Maíz-Algodón, estos en algunos casos como el

algodón se pueden multiplicar pasando de producir 2,0 a 4.2 o más toneladas por hectárea y en el caso del maíz logrando incrementar de 5.5 ton/ha a más de 7.5 ton/ha. Con estos resultados, cualquier iniciativa de producción es técnica y financieramente viable, de ahí que se pretenda la adquisición de un sistema de riego (Mora, 2011).

Las ventajas comparativas de los sistemas de producción bajo un sistema de riego mediante Pivote son múltiples y están solo se traducen a los resultados obtenidos en otros países, Colombia ha iniciado una carrera por la adquisición de modelos tecnológicos eficientes y sostenibles desde cualquier punto de vista, con el fin de lograr la competitividad que se obtienen en otras regiones. La implementación y adquisición de sistemas de riego especialmente Pivotes pone de primera mano el sistema productivo colombiano, especialmente en el departamento de Córdoba en los cultivos de Maíz-Algodón.

Otros alcances que se pueden derivar de la aplicación de los modelos de riego mediante Pivote es la parte social de las regiones o zonas donde se establecerían dichos sistemas, es decir, para el funcionamiento de los mismo, se requiere personal capacitado, el cual será involucrado al proyecto productivo y si es necesario, se cuenta con el personal profesional e idóneo capaz de direccionar el aprendizaje para la puesta en marcha del modelo de producción (Cueter, 2011).

6.1 NORMAS Y REGLAMENTACIONES VIGENTES.

La normativa legal necesaria para la ejecución del proyecto requiere presentar el formulario CS-P02.F01 de la CVS (Corporación Autónoma Regional De Los Valles Del Sinú Y San Jorge) el cual es necesario para la solicitud de la concesión de aguas superficiales el cual se presenta en la ilustración 27.

Ilustración 27 Formulario único nacional de solicitud de concesión de aguas superficiales

[illegible]

Fuente: (CVS, 1993)

La ley 488 artículo 48 numeral 12 puntos a y b de 1998 del ministerio de agricultura y medio ambiente excluye de los impuestos sobre las ventas a los siguientes servicios, siempre que se destinen a la adecuación de tierras, a la producción agropecuaria y pesquera y a la comercialización de los respectivos productos:

- El riego de terrenos dedicados a la explotación agropecuaria.
- El diseño de sistemas de riego, su instalación, construcción, operación, administración y conservación (Agricultura, 1998).

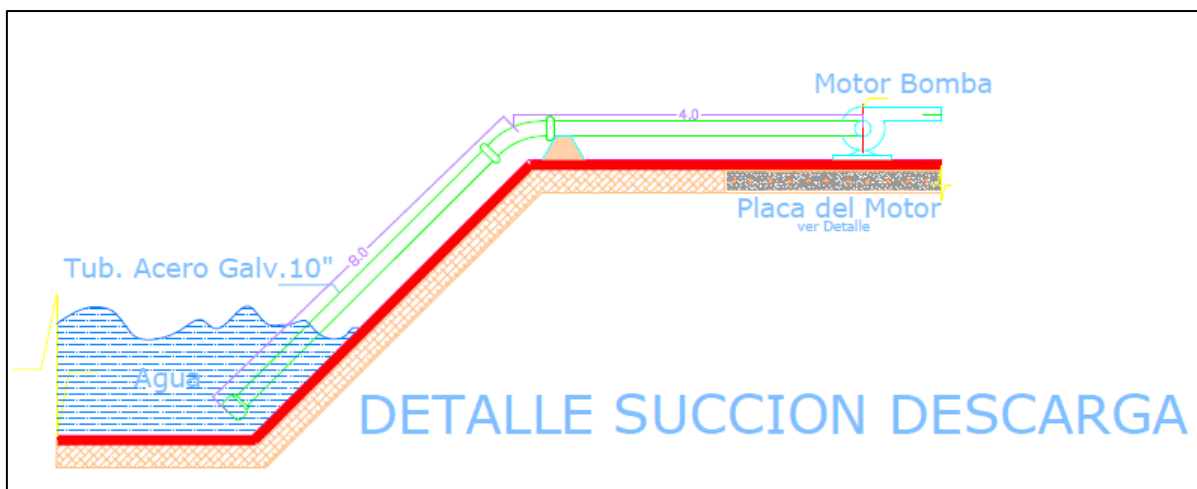
Para la servidumbre necesaria para la ejecución del proyecto se debe realizar un documento de servidumbre para el transporte del agua, por haber pertenecido estos terrenos a la hacienda original y siendo estos terrenos de los herederos, se llegó a un acuerdo donde se permite el paso de las tuberías necesarias para el proyecto, con un documento privado registrado en notaria donde consta la propiedad pero da derecho al uso del terrero para hacer los arreglos necesarios (Santa-María, 2011).

6.2 DATOS TECNICOS

6.2.1 Propuesta de transporte de agua

El transporte de agua hasta la hacienda Asturias se realizara por medio de tubería de PVC de acople rápido desde el punto de captación ubicado en las orillas del rio Sinú, las coordenadas del lugar propuesto para la captación del agua son 8°16'12.28"N, 76° 4'20.30"O, donde se construirá una caseta cerrada donde se alojara la motobomba responsable de la succión de la cantidad de agua necesaria para el riego.

Ilustración 28- Detalle succión descarga

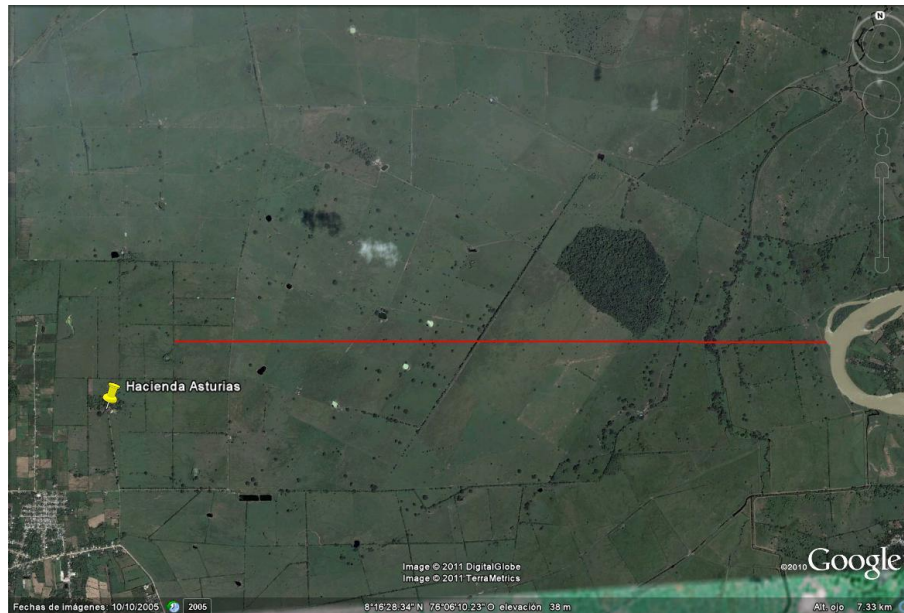


Fuente: El Autor

El transporte de agua se realizara con una tubería recta desde el lugar de captación hasta la coordenada 8°16'24.48"N, 76° 7'37.95"O la cual ya se encuentra dentro de la hacienda, esta tiene una distancia aproximada de 6054m y se considera el más apropiado para el transporte del agua ya que es el de menor recorrido, ya que la tubería estará a 0.8m bajo tierra, el peso del ganado no es un tema de importancia ya que a esta profundidad la probabilidad de daños son muy bajos (Cueter, 2011).

La diferencia de altura entre el lugar de captación y la hacienda es de 9 m, teniendo una inclinación máxima de un 5.2% y una inclinación promedio de 0.7% (Google Maps, 2005).

Ilustración 29- Imagen satelital propuesta de tubería para transporte de agua.

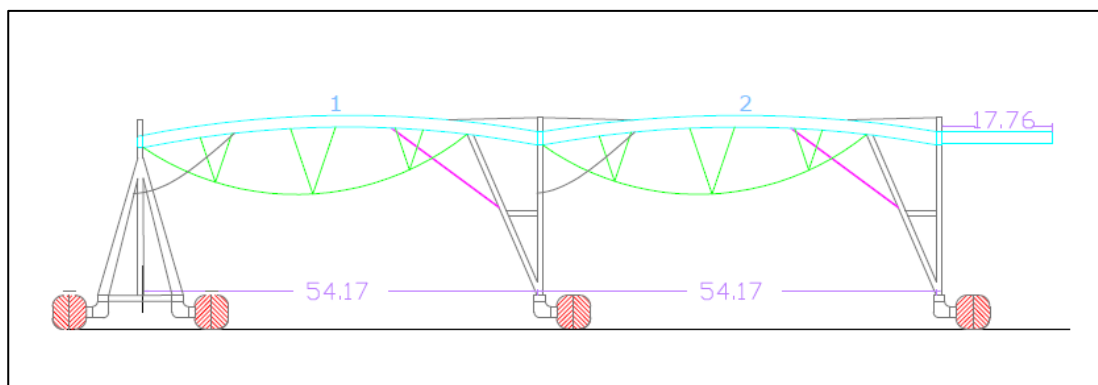


Fuente: (Google Maps, 2005)

6.2.2 Propuesta sistema de riego TIPO A

La propuesta 1 consiste en un pivote de riego central móvil de longitud de 125.1m de radio, el cual tendría una capacidad de riego de 4.92 ha, el cual estaría seccionado en 2 spans cada uno de 54.17m (177ft.), y con una tubería de 5" con una extensión de (17.7655ft.) con un diámetro de 5".

Ilustración 30- Riego pivote central TIPO A



Fuente: El Autor

Los aspersores para este sistema de riego deben ir de menor a mayor caudal de salida en la boquilla, con respecto crece su distancia del centro del pivote para poder garantizar un riego uniforme con una lámina de agua máxima de 8mm. Este tipo de riego sería utilizado en su mayoría para el cultivo de pastos ya que no tendría la capacidad de regar con eficiencia los cultivos de maíz o algodón.

Los pastos necesitan en promedio una lámina de 6 mm de agua día por medio para que el riego sea efectivo, para lo que para cubrir la totalidad de la hacienda se necesitaran 2 sistemas de riego de este tipo para así lograr hacer un riego aceptable con este sistema, ya que este sistema toma alrededor de 2 horas para realizar el riego adecuado para estas 4.92 ha y 1 horas más para su movimiento hacia el próximo lugar donde va a realizar el riego. Así que teniendo dos sistemas de riego se podrían regar en dos días hasta 8 de los potreros, los cuales sería los que no estén ocupados por el ganado.

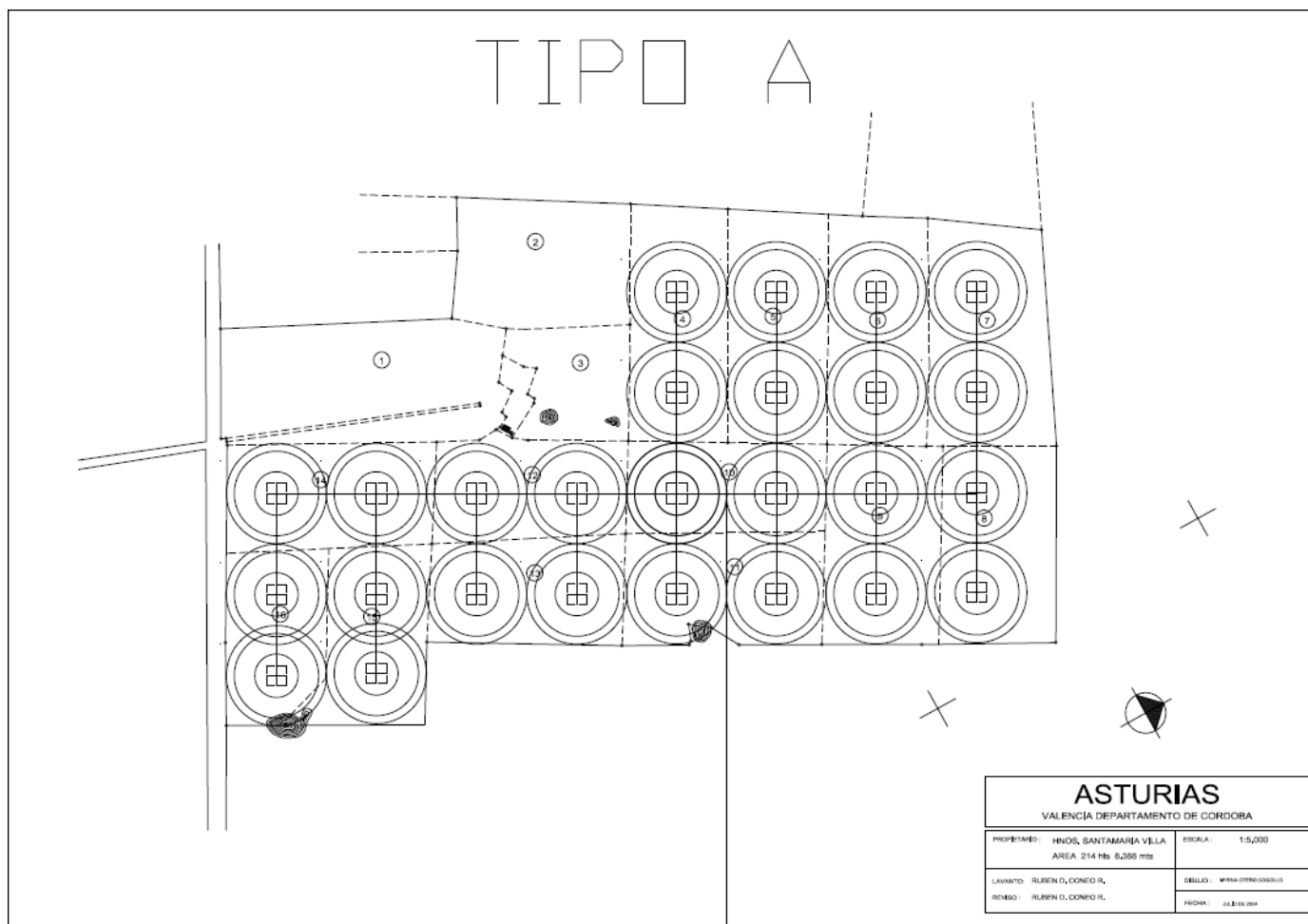
Este tipo de riego con llevaría un movimiento mínimo de los linderos de los potreros, para que no interfieran con el pivote.

Los linderos que deben ser corregidos son los que dividen los potreros:

- Danubio (14), La Represa (16) y Bariloche (15).
- Tamarindos (12) y Cedros (13).
- El Angleton (10) y El Playón (11).
- Perdices (9) y Tórtolas (8).
- La Reserva (6) y Perdices (9).
- El Escondido (7) y Tórtolas (8).

En la ilustración número 31 se puede observar la interferencia que tendría el sistema de riego con los linderos existentes actualmente en las diferentes posiciones, así como también la distribución de las tuberías para este sistema.

Ilustración 31- Hacienda Asturias con sistema de riego TIPO A y sus interferencias con su actual división de potreros



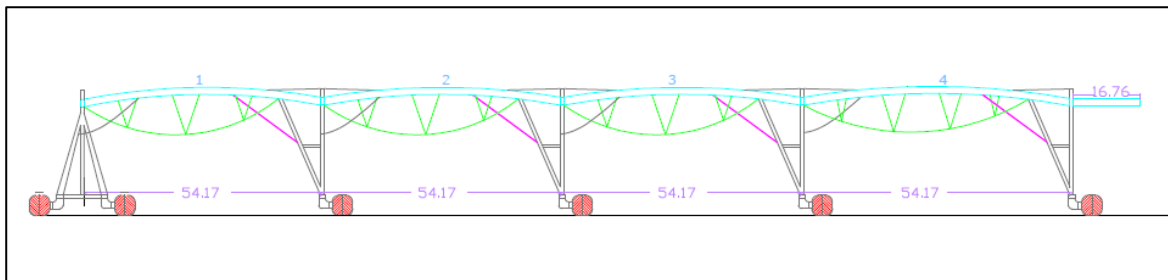
Fuente: El Autor

6.2.3 Propuesta sistema de riego TIPO B

La siguiente propuesta consta de un sistema de riego de pivote central móvil con una longitud de 233.50m (765.8ft.) seccionado en 4 spans de 54.17m (177.7ft.), los spans tienen una tubería con un diámetro de 5" y una extensión de 16.76m (55ft.) de diámetro 5".

El sistema tiene un área de aplicación del riego de 17.13ha en una sola posición pero al contar con el beneficio de ser móvil se puede rotar por los 6 diferentes puntos de toma de agua sobre la hacienda con lo que se alcanzaría un riego de 102.77ha.

Ilustración 32- Riego pivote central TIPO B



Fuente: El Autor

Al igual que el anterior sistema (TIPO A) este sistema también debe tener diferenciación en los aspersores, teniendo en cuenta que el área que riega al final del pivote es mucho mayor al anterior, a este tipo de pivote se le puede implementar lo que se conoce como *double Goosenecks*, o doble cuello de ganso los cuales aunque incrementan el valor de los aspersores, riegan de una forma más uniforme.

Ilustración 33- Aspersión con doble cuello de ganso



Fuente: (Senninger Irrigation)

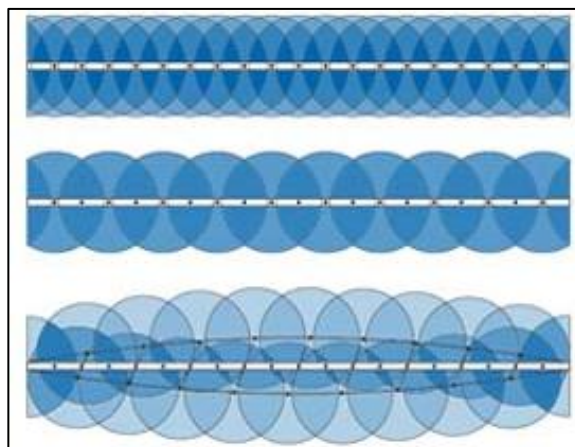
Ilustración 34- Cuello de ganso doble



Fuente: (Senninger Irrigation)

En la ilustración 35 se puede observar como la aspersión por medio de doble cuello de ganso, reduce la concentración de aspersión en algunos lugares, y así evitar el encharcamiento y a la vez incrementa el área de riego (Senninger Irrigation).

Ilustración 35- Diferencia entre aspersión por medio de cuello de ganso sencillo y doble



Fuente: (Senninger Irrigation)

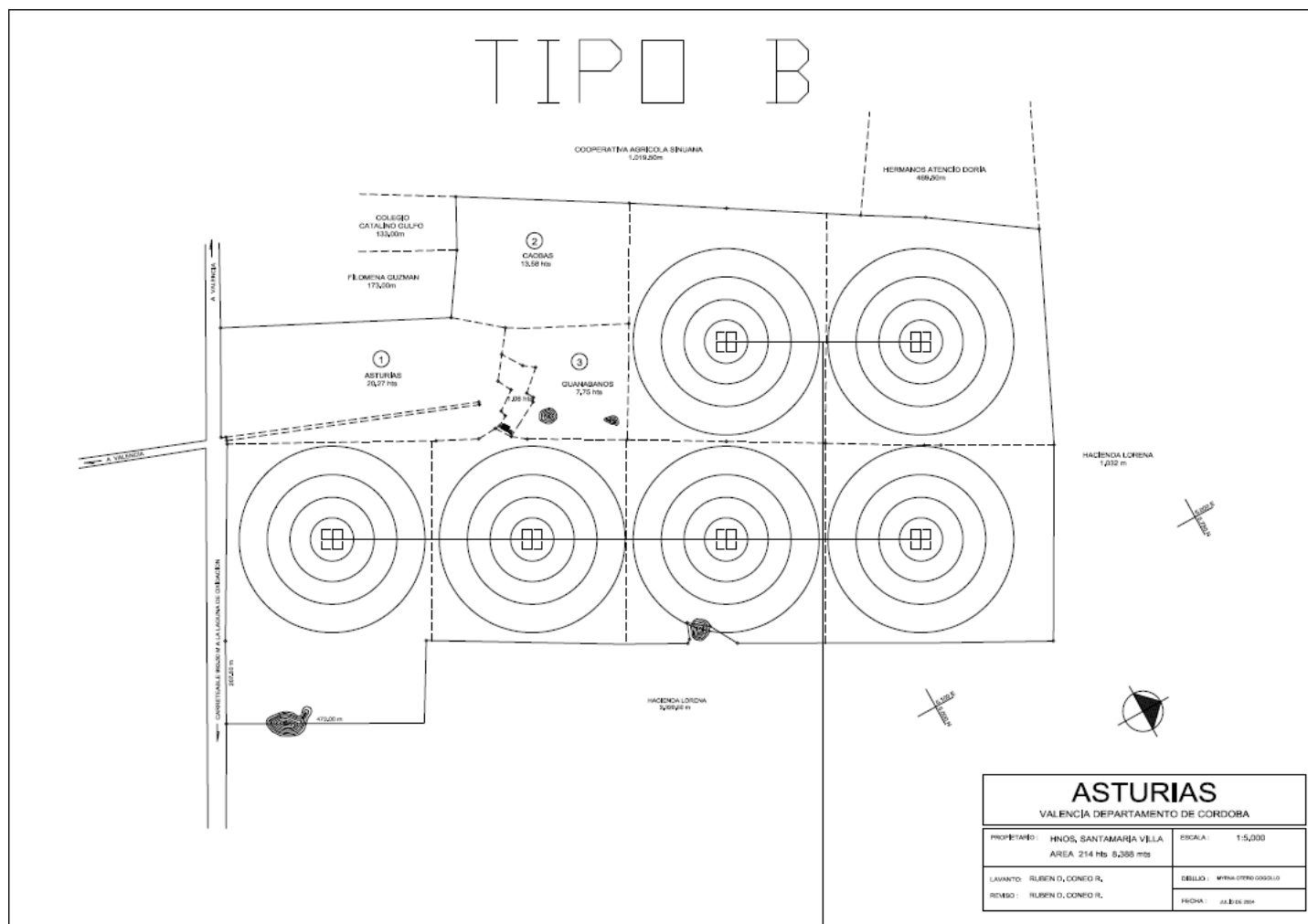
El montaje de este tipo de sistema conlleva la unión de algunos potreros, y el movimiento de algunos linderos, todo esto con el fin de que no alteren u obstaculicen el movimiento del pivote.

La implementación de este tipo de sistema conllevaría la compra de un solo equipo ya que en transcurso del día podría cubrir 3 potreros y al día siguiente podría cubrir los tres potreros faltantes y así volver a comenzar, se debe tener en cuenta que eso sería si los potreros estuvieran vacíos, es decir sin ganado.

El tipo de pivote descrito anteriormente puede ser utilizado de forma eficiente tanto para el riego del pasto para la ganadería, como para el cultivo de maíz y algodón, ya que su radio de riego justifica la siembra de maíz o algodón, no solo por la aspersión de agua sino también por la capacidad para fertilizar y fumigar los cultivos por medio del pivote (Mora, 2011).

En la ilustración 36 se puede observar cómo sería la reorganización de los potreros y la ubicación de las placas para la ubicación del pivote central, con su respectiva red de tuberías.

Ilustración 36- Hacienda Asturias con sistema de riego TIPO B y reorganización de potreros.

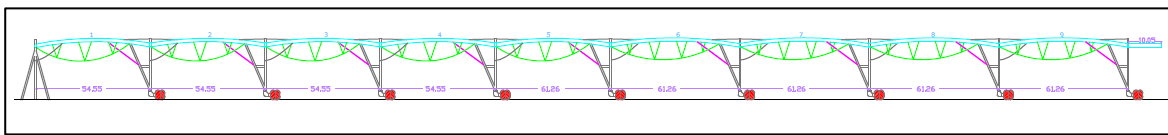


Fuente: el Autor

6.2.4 Propuesta sistema de riego TIPO C

La tercera propuesta consta de un sistema de riego por pivote fijo, con una longitud de 534.543m (1753.75Ft.) dividido en 9 spans los cuales del 1 al 4 son de 54.55m (179ft.) con una tubería de diámetro de diámetro de 8" y los 5 siguientes son de 61.26m (201ft.) con su respectivo diámetro de 6-5/8", además cuenta con una extensión de 10.05m (33ft.) con diámetro de tubería de 5-9/16".

Ilustración 37- Riego pivote central TIPO C



Fuente: El Autor

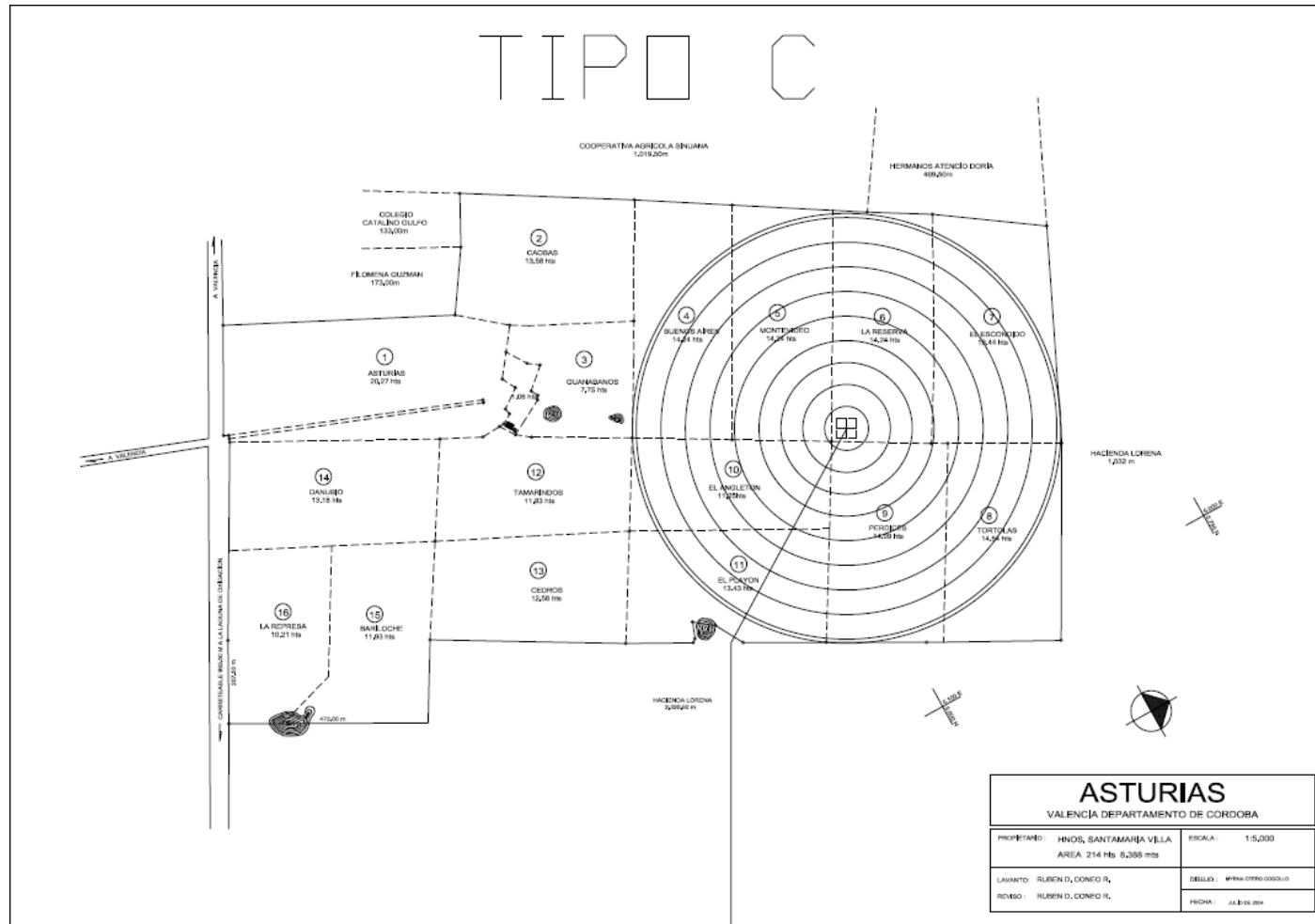
El sistema que se muestra a continuación es un sistema que es netamente para cultivo agrícola ya que no tendría beneficios para el cultivo de pasto para ganadera, ya que los animales no podrían estar en el potrero en el momento del riego, se podría utilizar el corte del pasto para alimentar el ganado pero esa no es la finalidad de la hacienda.

Este tipo de sistema de riego se centraría en la producción de maíz y algodón y conllevaría la unión de varios potreros para crear así el espacio necesario para que el pivote no se atasque.

En la figura 38 se puede observar cual sería la posición de este sistema de riego por pivote fijo, y los linderos de los potreros que deben de ser retirados para este pivote funcione correctamente.

Para este pivote también es recomendado utilizar el doble cuello de ganso (Mora, 2011).

Ilustración 38- Hacienda Asturias con sistema de riego TIPO C y reorganización de potreros.



Fuente: El Autor

6.3 CALCULOS PARA SISTEMA DE RIEGO.

6.3.1 Calculo de caudales

Los cálculos de los caudales necesarios para cada uno de las propuestas se hacen en base a la tabla de cálculos entregada por Riegos del Norte, el cual el caudal total necesario depende de la longitud del pivote, de la lámina a regar, y de la eficiencia del riego.

Tabla 3- Calculo para diseño de pivote TIPO A

CALCULOS DISEÑO DEL PIVOTE			
Hacienda Asturias TIPO A			
Tipo de Pivote	Central movil		
Tipo de spans: (ft)	177,7	(nota: spans de 5 in. de diametro)	
Numero de spans:	2		
Extension: (ft)	55		
Cañon al final: (ft)	0		
Longitud total del sistema (ft); (m)	410,4		
Area de riego sin cañon (ha)	4,92		
Rata de aplicación en mm/dia:	8		
Eficiencia del sistema de riego	0,94		
Area total real de riego (ha)	4,92		
Caudal de la bomba (GPM)	76,85		
Caudal succion autolimpiante:	30,00		
Caudal total de la bomba (GPM)	106,85		

Fuente: El Autor

Tabla 4- Calculo para diseño de pivote TIPO B.

CALCULOS DISEÑO DEL PIVOTE			
Hacienda Asturias TIPO B			
Tipo de Pivote	Central movil		
Tipo de spans: (ft)	177,7	(nota: spans de 5 in. de diametro)	
Numero de spans:	4		
Extension: (ft)	55		
Cañon al final: (ft)	0		
Longitud total del sistema (ft); (m)	765,8	233,5	
Area de riego sin cañon (ha)	17,13		
Rata de aplicación en mm/dia:	8		
Eficiencia del sistema de riego	0,94		
Area total real de riego (ha)	17,12		
Caudal de la bomba (GPM)	267,57		
Caudal succion autolimpiante:	30,00		
Caudal total de la bomba (GPM)	297,57		

Fuente: El Autor

Tabla 5- Calculo para diseño de pivote TIPO C.

CALCULOS DISEÑO DEL PIVOTE				
Hacienda Asturias TIPO C				
Tipo de Pivote		Central Fijo		
Tipo de spans: (ft)		179	(nota: spans de 8 in. de diametro)	
Numero de spans:		4		
Tipo de spans: (ft)		201	(nota: spans de 6 5/8 in. de diametro)	
Numero de spans:		5		
Extension: (ft)		33		
Cañon al final: (ft)		0		
Longitud total del sistema (ft) ; (m)		1754	534,8	
Area de riego sin cañon (ha)		89,84		
Rata de aplicación en mm/dia:		8		
Eficiencia del sistema de riego		0,94		
Area total real de riego (ha)		89,83		
Caudal de la bomba (GPM)		1403,69		
Caudal succion autolimpiante:		30,00		
Caudal total de la bomba (GPM)		1433,69		

Fuente: El Autor

6.3.2 Cálculo de pérdidas

Las pérdidas en las tuberías, velocidades y sus respectivas presiones finales en los puntos críticos fueron evaluadas en base a las longitudes de las tuberías, y el caudal necesario para cada uno de los sistemas de riego propuestos mediante el programa computacional EPANET, el cual asume que las tuberías se encuentran completamente llenas en todo momento y por consiguiente el flujo es a presión, para el cálculo de los resultados de velocidad de flujo, pérdida por carga unitaria y el factor de fricción para la fórmula de Darcy-Weisbach (Rossman, 2000).

La pérdida de carga (o de altura piezométrica) se calculó en base a la fórmula de Darcy-Weisbach, ya que es la más correcta para este caso.

Tabla 6- Formulas de pérdida de carga para tubería llena.

<i>Fórmula</i>	<i>Coefficiente de Resistencia (A)</i>	<i>Expon. Caudal (B)</i>
Hazen-Williams	$10,674 C^{-1,852} d^{-4,871} L \text{ } (^4)$	1,852
Darcy-Weisbach	$0,0827 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L \text{ } (^5)$	2
Chezy-Manning	$10,294 n^2 d^{-5,33} L \text{ } (^6)$	2
donde: C = Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams ϵ = Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m) f = factor de fricción (depende de ϵ , d, y q) n = Coeficiente de rugosidad de Manning d = diámetro de la tubería (m) L = longitud de la tubería (m) q = caudal (m ³ /s)		

Fuente: (Rossman, 2000)

El cálculo de la pérdida de carga entre el nudo de entrada y el nudo de salida se realiza con la siguiente ecuación.

Ecuación 2- Calculo de perdida de carga entre nudo de entrada y salida.

$$h_l = A_q^B$$

Dónde:

hl = Pérdida de carga (en unidades de longitud)

q = Caudal (en unidades volumen/tiempo)

B = exponente del caudal para cada una de las formulas (ver tabla 3)

A = coeficiente de resistencia

El coeficiente de resistencia es diferente para cada uno de los materiales y se debe determinar empíricamente, en la tabla 4 se muestran los coeficientes para tubería nueva, en la práctica hay que ser conscientes de que estos valores cambian con la edad de las tuberías.

La herramienta EPANET emplea distintos métodos para calcular el factor de fricción f , dependiendo el tipo de régimen.

- Para flujo laminar ($Re < 2.000$) se emplea la fórmula de Hagen-Poiseuille
- Para flujo turbulento ($Re > 4.000$) emplea la aproximación explícita de Swamee y Jain a la fórmula de Colebrook-White.
- Para el flujo de transición ($2000 < Re < 4000$) aplica una interpolación cubica del diagrama de Moody.

Tabla 7- Coeficientes de rugosidad para tubería nueva.

<i>Material</i>	<i>C Hazen-Williams (universal)</i>	<i>ε Darcy-Weisbach (mm)</i>	<i>n Manning (universal)</i>
Fundición	130 – 140	0,25	0,012 – 0,015
Hormigón o revest. de Hormigón	120 – 140	0,3 – 3,0	0,012 – 0,017
Hierro Galvanizado	120	0,15	0,015 – 0,017
Plástico	140 – 150	0,0015	0,011 – 0,015
Acero	140 – 150	0,03	0,015 – 0,017
Cerámica	110	0,3	0,013 – 0,015

Fuente: (Rossman, 2000)

Las pérdidas localizadas o perdidas por accesorios los cuales puedes interpretarse como el incremento en la turbulencia que se produce en los cambios de dirección, codos, accesorios, válvulas etc. La importancia a la hora de incluir estas pérdidas en los cálculos es la precisión de los resultados obtenidos, con la herramienta computacional EPANET se puede asociar a cada tubería un coeficiente de pérdidas por accesorios. El valor de la perdida es el producto del coeficiente por accesorio por la altura dinámica en la tubería (Rossman, 2000).

Ecuación 3- Perdidas por accesorios

$$h_l = k \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Dónde:

k = Coeficiente de pérdidas por accesorios

v = Velocidad del flujo (unidad de longitud/tiempo)

g = aceleración de la gravedad (unidad de longitud/tiempo²)

A continuación se muestra algunos coeficientes de perdida para los accesorios más comunes.

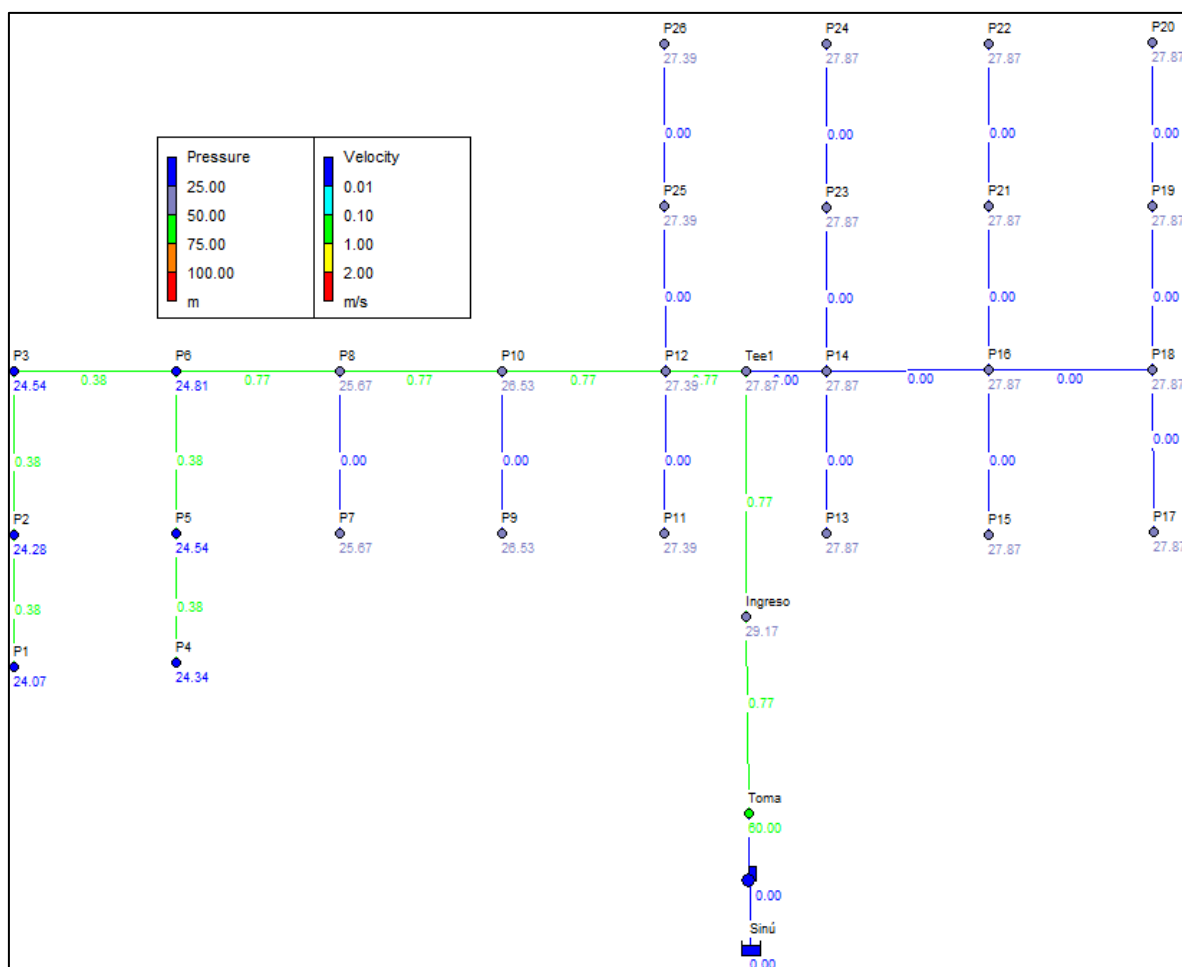
Tabla 8- Coeficiente de pérdidas para algunos accesorios.

Accesorio	Coef. Perdidas
Valvula de globo completamente abieta	10,0
Valvula de angulo completamente abieta	5,0
Valvula de retencion. Clapeta abierta	2,5
Valvula de compuerta completamente abierta	0,2
Codo de radio pequeño	0,9
Codo de radio mediano	0,8
Codo de radio grande	0,6
Codo a 45 grados	0,4
Codo de retorno (180°)	2,2
Tee estandar - flujo recto	0,6
Tee estandar - flujo desviado	1,8
Entrada brusca	0,5
Calida brusca	1,0

Fuente: (Rossman, 2000)

La ilustración 39 muestra como son las presiones en los nodos y velocidades en las tuberías cuando se tenga los dos pivotes funcionando en los puntos de posicionamiento de pivote más lejanos, el cual sería un caso crítico. Para este caso se necesitaría una bomba con una capacidad de 213.7 GPM (13.48 l/s), con una cabeza total dinámica de 60 mH₂O, con lo cual se podría escoger una bomba Cornell SERIE R Ref. 5RB a 1780 RPM.

Ilustración 39- Velocidades y presiones en punto crítico (pivot 1 y pivot 4) de red TIPO A calculadas con EPANET



Fuente: El Autor

Los puntos cercanos a la tee necesitaran un regulador de presión que sea calibrado a una presión no mayor a 30 mH₂O para así mantener la presión recomendada por el fabricante (Mora, 2011).

La tabla 9 muestra las longitudes, diámetros, caudales, velocidades, rugosidades, perdidas y factor de fricción arrojados por EPANET, para el caso de pivotes en funcionamiento en el punto 1 y 4.

Tabla 9- Valores para punto crítico (pivot 1 y pivot 4) de red TIPO A calculadas con EPANET

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe Te1-P12	124.12	152.4	0.0015	14.00	0.77	3.87	0.020
Pipe P12-P10	250.35	152.4	0.0015	14.00	0.77	3.43	0.017
Pipe P8-P10	250.70	152.4	0.0015	14.00	0.77	3.43	0.017
Pipe P8-P6	251.05	152.4	0.0015	14.00	0.77	3.43	0.017
Pipe P6-P3	250.29	152.4	0.0015	7.00	0.38	1.05	0.021
Pipe P3-P2	253.33	152.4	0.0015	7.00	0.38	1.05	0.021
Pipe P2-P1	202.06	152.4	0.0015	7.00	0.38	1.02	0.021
Pipe P6-P5	250.90	152.4	0.0015	7.00	0.38	1.05	0.021
Pipe P5-P4	199.42	152.4	0.0015	7.00	0.38	1.02	0.021
Pipe P8-P7	250.52	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P10-P9	250.50	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P12-P11	250.29	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Tee1-P14	124.67	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P14-P13	249.73	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P14-P16	248.82	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe P16-P15	252.48	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P16-P18	252.48	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P18-P17	249.73	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P18-P19	250.83	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P19-P20	252.28	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P16-P21	251.75	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P21-P2	250.64	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P14-P23	252.76	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P23-P24	251.46	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P12-P25	253.02	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe P25-P26	249.82	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Ingreso-Tee1	377.76	152.4	0.0015	14.00	0.77	3.43	0.017
Pipe Toma-Ingreso	6054	152.4	0.0025	-14.00	0.77	3.44	0.017
Pump 28	#N/A	#N/A	#N/A	14.00	0.00	-60.00	0.000

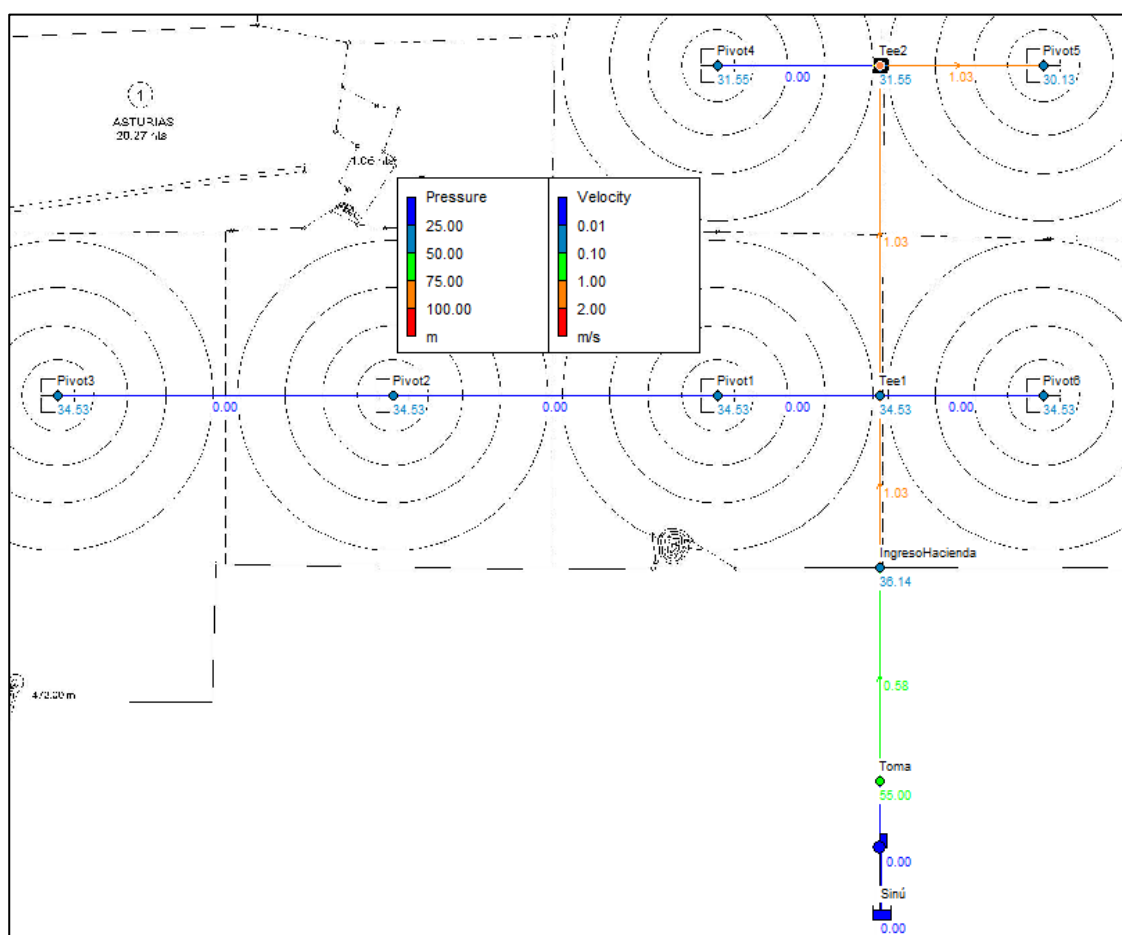
Fuente: El Autor

La ilustración 41 y la ilustración 43 muestran las velocidades y presiones en las tuberías y en los nodos respectivamente, para los casos críticos de la propuesta

de sistema de riego TIPO B el cual cumple con los requerimientos de velocidades especificados por fabricantes de tuberías de PVC (plasticosrex, 2009).

La recomendación para este tipo de sistema es que se utilice una bomba centrífuga de 298 GPM (297.57 l/s), con una cabeza dinámica total de 52 mH₂O, una bomba que se acopla a estas especificaciones es una bomba Cornell serie H Ref. 3HA/Hc trabajando a 1500 RPM (CORNELL).

Ilustración 40- Velocidades y presiones en punto crítico (pivot 5) de red TIPO B calculadas con EPANET



Fuente: El Autor

En la tablas 10 y 11 se pueden observar las perdidas, longitudes, diámetros, rugosidades, velocidades y factor de fricción para cada tubería en los trayectos hacia los puntos críticos de descarga.

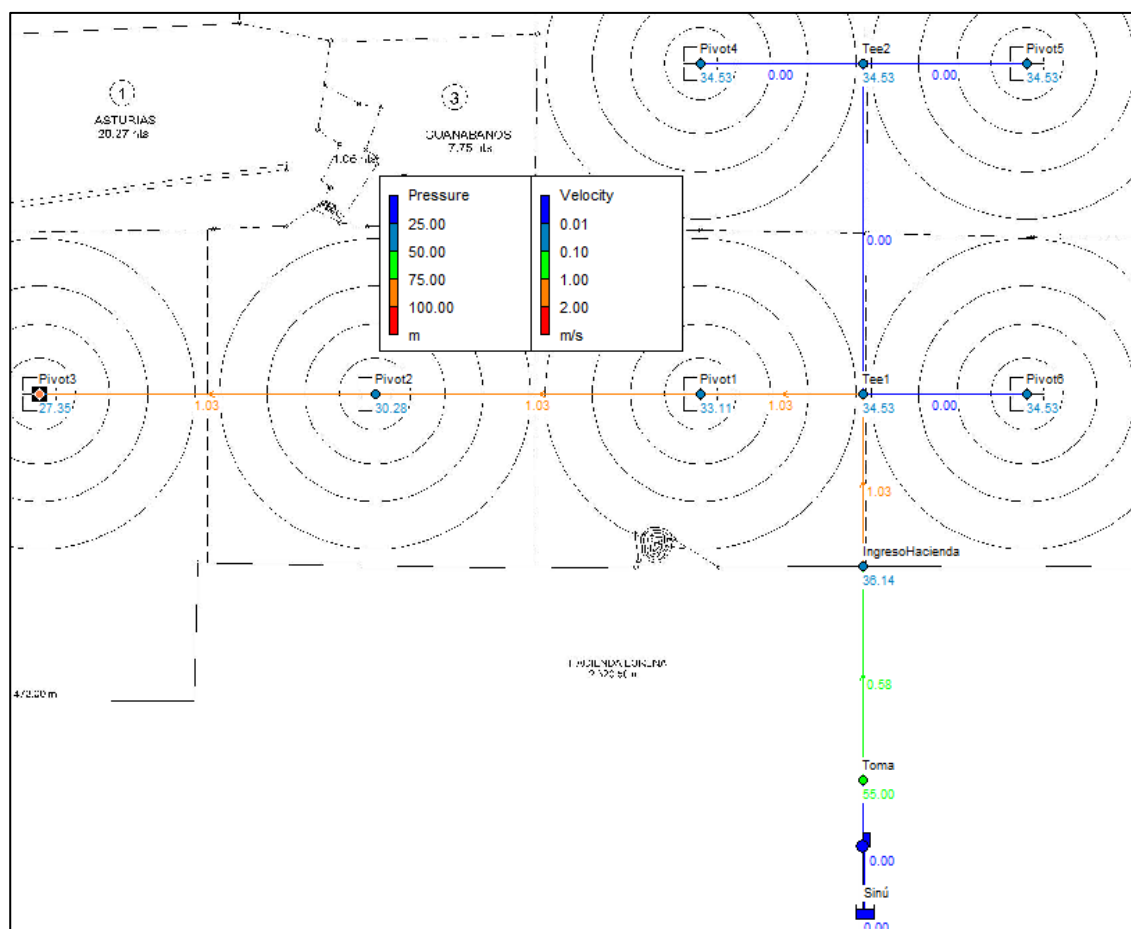
Con base a estos cálculos, se pudo determinar las características de la bomba que supe estas necesidades.

Tabla 10- valores para punto crítico (pivot 5) de red TIPO B calculadas con EPANET

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe Tee1-Pivot1	244.21	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Pivot1-Pivot2	486.78	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Pivot2-Pivot3	503.28	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Tee1-Pivot6	245.85	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Tee1-Tee2	495.03	152.4	0.0015	18.77	1.03	6.02	0.017
Pipe Tee2-Pivot4	243.39	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Tee2-Pivot5	245.04	152.4	0.0015	18.77	1.03	5.82	0.016
Pipe IngresoHacienda-Tee1	258.65	152.4	0.0025	-18.77	1.03	6.21	0.018
Pipe Toma-Ingreso	6054	203.2	0.0025	-18.77	0.58	1.46	0.017
Pump 10	#N/A	#N/A	#N/A	18.77	0.00	-55.00	0.000

Fuente: El Autor

Ilustración 41- Velocidades y presiones en punto crítico (pivot 3) de red TIPO B calculadas con EPANET



Fuente: El Autor

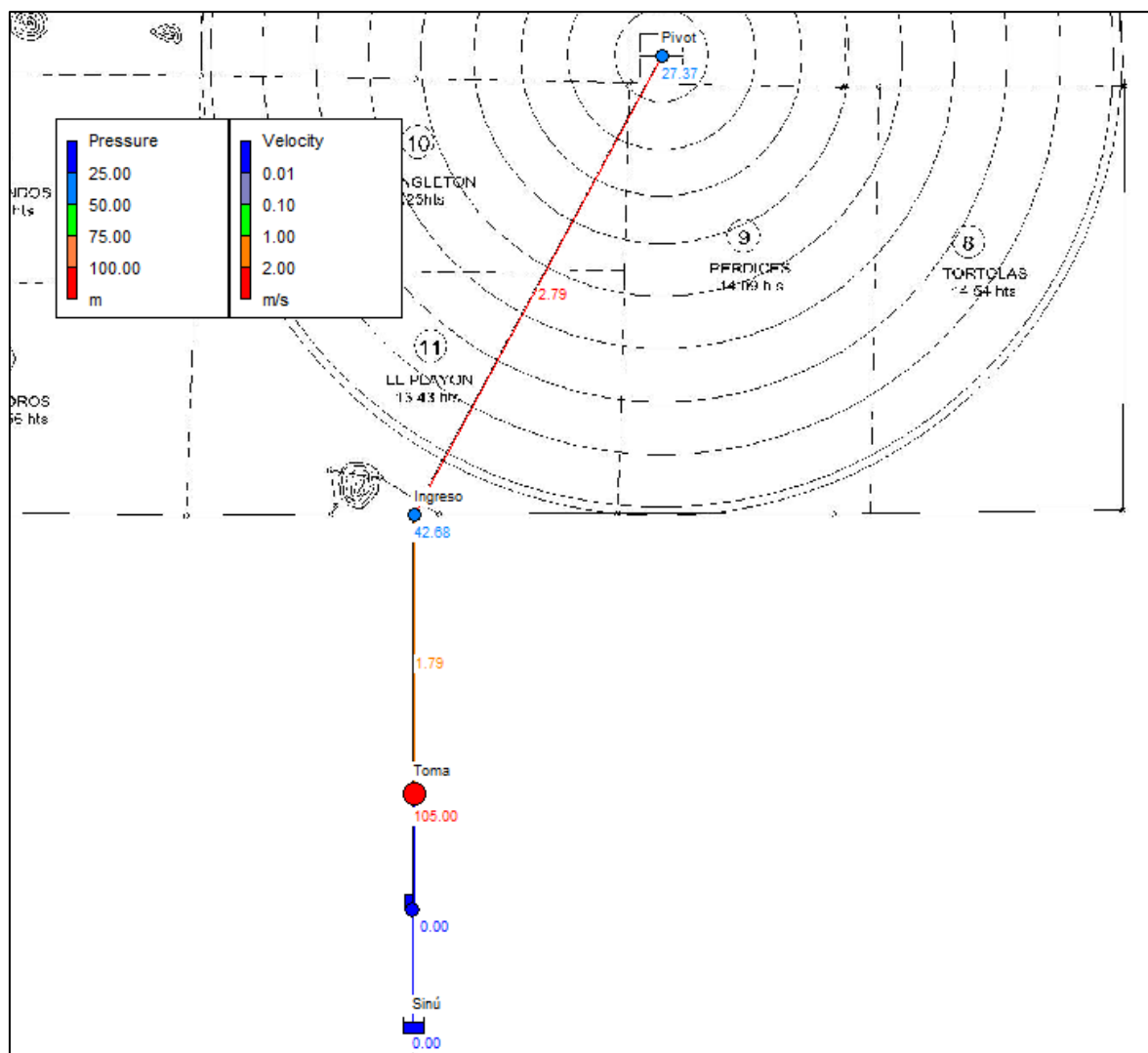
Tabla 11- Valores para punto crítico (pivot 3) de red TIPO B calculadas con EPANET

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe Tee1-Pivot1	244.21	152.4	0.0015	18.77	1.03	5.82	0.016
Pipe Pivot1-Pivot2	486.78	152.4	0.0015	18.77	1.03	5.82	0.016
Pipe Pivot2-Pivot3	503.28	152.4	0.0015	18.77	1.03	5.82	0.016
Pipe Tee1-Pivot6	245.85	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Tee1-Tee2	495.03	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Tee2-Pivot4	243.39	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe Tee2-Pivot5	245.04	152.4	0.0015	0.00	0.00	0.00	0.000
Pipe IngresoHacienda-Tee1	258.65	152.4	0.0025	-18.77	1.03	6.21	0.018
Pipe Toma-Ingreso	6054	203.2	0.0025	-18.77	0.58	1.46	0.017
Pump 10	#N/A	#N/A	#N/A	18.77	0.00	-55.00	0.000

Fuente: El Autor

En la siguiente ilustración se puede observar la línea de tubería necesaria para el sistema de riego de pivote central (propuesta TIPO C) con sus velocidades y presiones, esta línea de tubería es de dos diámetros uno inicial desde la toma de agua en el rio Sinú de 10" y al ingresar a la hacienda Asturias cambia su diámetro a una tubería de 8" para así llegar a el centro del pivote.

Ilustración 42- Velocidades y presiones en pivote de red TIPO C calculadas con EPANET



Fuente: El Autor

Con las características que se observan tanto en la ilustración 45 como en la tabla 12 se puede determinar que la bomba necesaria para este tipo de sistema de riego tiene como cualidades un caudal de 1433.69 GPM (90.45 l/s), y una cabeza dinámica total de 105 mH₂O, para lo cual una bomba Cornell serie R trabajando a 200/2400 RPM podría cumplir con esta necesidad.

Tabla 12- Valores de tubería en propuesta TIPO B calculadas con EPANET

Link ID	Length m	Diameter mm	Roughness mm	Flow LPS	Velocity m/s	Unit Headloss m/km	Friction Factor
Pipe Ingreso-Pivot	605.04	203.2	0.0015	90.45	2.79	25.31	0.013
Pipe Toma-Ingreso	6054	254	0.0025	-90.45	1.79	8.64	0.014
Pump 3	#N/A	#N/A	#N/A	90.45	0.00	-105.00	0.000

6.4 PRESUPUESTO Y FACTIBILIDAD ASOCIADA AL DESARROLLO DEL PROYECTO.

6.4.1 Presupuesto Propuesta 1

PRESUPUESTO DETALLADO TIPO A			
ITEM	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Costo estudio y diseño del proyecto	6.000.000	1	6.000.000
Equipo CIF Cartagena	72.000.000	2	144.000.000
Nacionalización	20.160.000	1	20.160.000
PVC 6" RDE 41 x 6mts	134.309	2.060	276.676.540
Transporte Terrestre	1.900.000	1	1.900.000
Seguro Transporte Cartagena Montería (2% Valor Carga)	1.440.000	1	1.440.000
Instalacion de Pivotes (horas retroexcavadora)	80.000	40	3.200.000
Enterrada Tubería con Maquinaria Agrícola (horas)	30.000	169	5.070.000
Cercamiento y Techo Motor bomba	1.480.000	1	1.480.000
Placas centro pivote	2.012.634	26	52.328.484
Otros (transporte varios) en días	250.000	21,8	5.450.000
SUBTOTAL			517.705.024
2. MANO DE OBRA (ÍTEM)	VALOR UNITARIO CON IVA	CANTIDAD	VALOR TOTAL CON IVA
Instalacion de Pivotes (Ingeniero) 30 días	5.250.000	1	5.250.000
Instalacion de Pivotes (Asistente) 30 días	840.000	1	840.000
Instalacion de Pivotes (Trabajadores) 30 días	630.000	4	2.520.000
SUBTOTAL 2.2			8.610.000
TOTAL INVERSIONES PROYECTO			526.315.024
VALOR PROYECTO POR ha			4.117.304

Fuente: El Autor

6.4.2 Presupuesto Propuesta 2

PRESUPUESTO DETALLADO TIPO B			
ITEM	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Costo estudio y diseño del proyecto	6.000.000	1	6.000.000
Equipo CIF Cartagena	99.000.000	1	99.000.000
Nacionalización	13.860.000	1	13.860.000
PVC 10" RDE 41 x 6mts	354.756	0	0
PVC 8" RDE 41 x 6mts	226.864	1.009	228.905.776
PVC 6" RDE 41 x 6mts	134.309	454	60.976.286
PVC 4" RDE 41 x 6mts	63.350	0	0
PVC 3" RDE 41 x 6mts	38.274	0	0
Transporte Terrestre	1.900.000	1	1.900.000
Seguro Transporte Cartagena Montería (2% Valor Carga)	1.980.000	1	1.980.000
Instalacion de Pivotes (horas retroexcavadora)	80.000	40	3.200.000
Enterrada Tubería con Maquinaria Agrícola (horas)	30.000	169	5.070.000
Cercamiento y Techo Motor bomba	1.480.000	1	1.480.000
Placas centro pivote	2.012.634	6	12.075.804
Otros (transporte varios) en días	250.000	21,8	5.450.000
SUBTOTAL			439.897.866
2. MANO DE OBRA (ÍTEM)	VALOR UNITARIO CON IVA	CANTIDAD	VALOR TOTAL CON IVA
Instalacion de Pivotes (Ingeniero) 30 días	5.250.000	1	5.250.000
Instalacion de Pivotes (Asistente) 30 días	840.000	1	840.000
Instalacion de Pivotes (Trabajadores) 30 días	630.000	4	2.520.000
SUBTOTAL 2.2			8.610.000
TOTAL INVERSIONES PROYECTO			448.507.866
VALOR PROYECTO POR ha			4.364.191

Fuente: El Autor

6.4.3 Presupuesto Propuesta 3

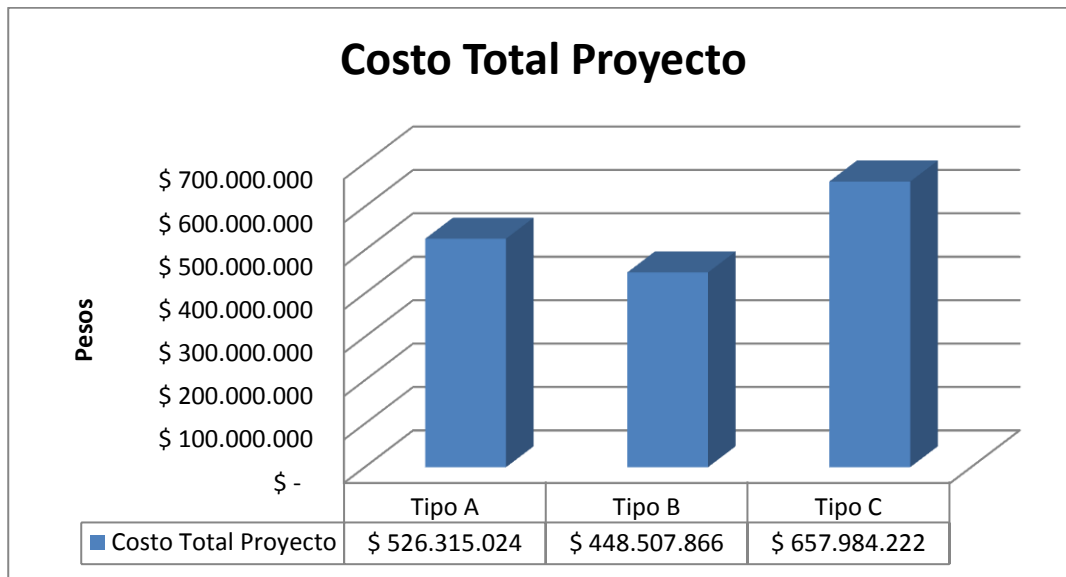
PRESUPUESTO DETALLADO TIPO C			
ITEM	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Costo estudio y diseño del proyecto	6.000.000	1	6.000.000
Equipo CIF Cartagena	209.631.600	1	209.631.600
Nacionalización	29.348.424	1	29.348.424
PVC 10" RDE 41 x 6mts	354.756	1.009	357.948.804
PVC 8" RDE 41 x 6mts	226.864	102	23.140.128
Transporte Terrestre	1.900.000	1	1.900.000
Seguro Transporte Cartagena Montería (2% Valor Carga)	4.192.632	1	4.192.632
Instalacion de Pivotes (horas retroexcavadora)	80.000	40	3.200.000
Enterrada Tubería con Maquinaria Agrícola (horas)	30.000	169	5.070.000
Cercamiento y Techo Motor bomba	1.480.000	1	1.480.000
Placas centro pivote	2.012.634	1	2.012.634
Otros (transporte varios) en días	250.000	21,8	5.450.000
SUBTOTAL			649.374.222
2. MANO DE OBRA (ÍTEM)	VALOR UNITARIO CON IVA	CANTIDAD	VALOR TOTAL CON IVA
Instalacion de Pivotes (Ingeniero) 30 días	5.250.000	1	5.250.000
Instalacion de Pivotes (Asistente) 30 días	840.000	1	840.000
Instalacion de Pivotes (Trabajadores) 30 días	630.000	4	2.520.000
SUBTOTAL 2.2			8.610.000
TOTAL INVERSIONES PROYECTO			657.984.222
VALOR PROYECTO POR ha			7.329.667

Fuente: El Autor

6.4.4 Gráficos Comparativos

A continuación se muestra la gráfica de los diferentes valores del presupuesto total de cada uno de los tres tipos de sistemas de riegos propuestos.

Grafico 1- Grafico comparativo costo total de proyectos.

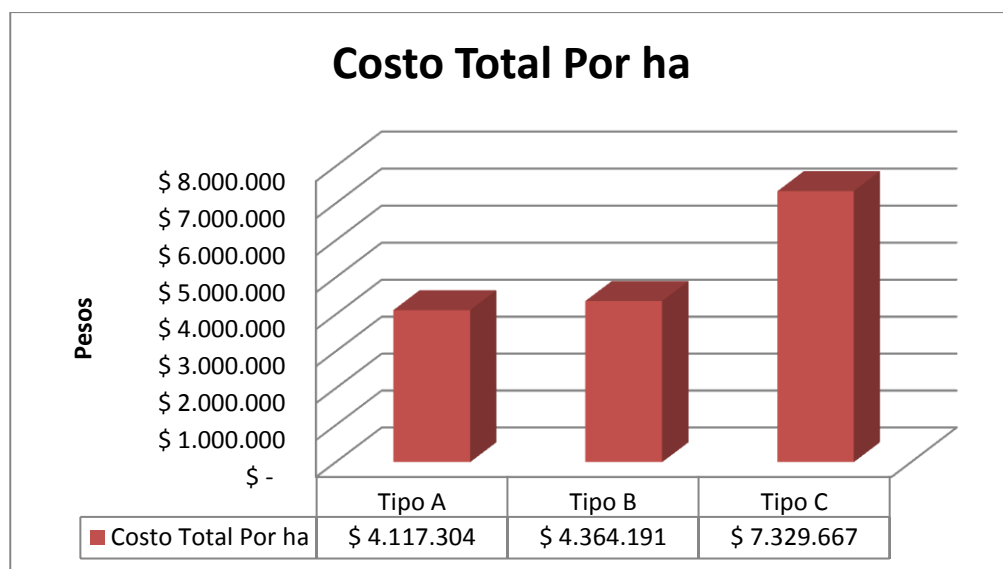


Fuente: El Autor

La grafica 2 muestra los valores de costo por hectárea para cada uno de los tres tipos de sistemas de riego propuestos, con esto se puede determinar cuánto debería ser el rendimiento de cada hectárea para estimar el tiempo de recuperación de la inversión de cada uno de las propuestas.

Los valores para la recuperación de la inversión pueden variar dependido del cultivo que se quiera sembrar, y el área del mismo.

Grafico 2- Costo total por hectárea regada.



Fuente: El Autor

6.4.5 Factibilidad Maíz - Algodón

Para determinar la estructura de costos en los cultivos de Maíz-Algodón, se requiere de la participación de los autores involucrados en la cadena productiva, en consenso se establece los costos y la participación que se requiere para el establecimiento de una unidad de área en los sistemas tecnificados de Maíz y Algodón en el departamento de Córdoba; seguidamente se establece una relación entre los gastos generados bajo el sistema tecnificado tradicional y los gastos a los cuales se incurre con el nuevo sistema tecnificado bajo el uso de riego por pivote.

Tabla 13- Estructura de costos por hectárea para el cultivo de Maíz Tecnificado.

Costos de Produccion - Tecnologia Representativa											
								Precios Internacionales			
TASA DE CAMBIO		CULTIVO : MAIZ TECNIFICADO MECANIZADO						SORGO			
\$ / U.S.\$								FOB			
		Unidad	Cant	Cst Unit.	Cst Total	% C.D.	% C.T.	CIF			
	PREPARACION							VR.EXPUESTO			
	Incorporación	H.M.			0	0	0	Precio Regional			
	Cincelada	H.M.			0	0	0	MAIZ			
L	Arada	H.M.			0	0	0	FOB			
	Rastreada	Ha.	1	70.000	70.000	3,74	3,01	CIF			
	Rastrillada	Ha.	2	30.000	60.000	3,21	2,58	VR.EXPUESTO			
A	Siembra – Abonadora	Ha.	1	60.000	60.000	3,21	2,58	Precio Regional			
	Cultivadas	H.M.			0	0	0	INSUMOS			
	Riego – Drenaje	Jorn	1	7.000	7.000	0,37	0,3	Semilla			
B	Labores Manuales	Jorn	12	6.000	72.000	3,85	3,1	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
	Total Preparación				269.000	14,37	11,57	Híbrido Kg	29	12.000	348.000
	APLICACIONES							Semevin C.C	250	100	25.000
O	Fertilizantes	H.M.	3	6.000	18.000	0,96	0,77				0
	Herbicida terrestre	1	1	15.000	15.000	0,8	0,64				0
	Herbicida aéreo	Vuelo			0	0	0				0
R	Fungicida terrestre	H.M.			0	0	0	Subtotal Semilla			373.000
	Fungicida aéreo	Vuelo			0	0	0	Fertilizantes			
	Insecticida terrestre	H.M.			0	0	0	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
E	Insecticida aerea	Vuelos	3	28.000	84.000	4,49	3,61	Menores Kg	25	1.200	30.000
	Aplicación Biológicos				0	0	0	DAP Kg	50	950	47.500
	Total Aplicaciones				117.000	6,25	5,03	KCL Kg	50	650	32.500
S	RECOLECCION							Urea 46% Kg	150	900	135.000
	Cosechadora Mecanic	Bultos	69	3.200	220.800	11,8	9,49	Subtotal Fertilizante		3.700	245.000
	Jornales Manipuleo Int	Ton	5,6	4.000	22.400	1,2	0,96	Herbicidas			
	Zorreo	Bultos	69	350	24.150	1,29	1,04	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
	Secamiento	Ha.	5,6	35.000	196.000	1,87	8,43	Dual Goal Litro	1,2	75.657	90.788
	Transporte Acopio	Ha.	5,6	14.000	78.400	4,19	3,37	Atrazina 500 Litro	2,5	9.625	24.063
	Total Recolectión				541.750	28,94	23,29				0
	Subtotal Labores				927.750	49,57	39,89	Subtotal Herbicidas			114.851

INSUMOS								Fungicidas			
I	Semilla	Kg	29	12.000	348.000	18,59	14,96	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
N	Fertilizantes	Kg	275	890,91	245.000	13,09	10,53				0
S	Insecticidas	Kg ó Lt	2,6	50.995	132.588	7,08	5,7				0
U	Fungicidas	Kg ó Lt			0	0	0				0
M	Herbicidas	Kg ó Lt	3,7	31.040	114.851	6,14	4,94				0
O	Biológicos	Kg ó Lt			0	0	0	Subtotal Fungicidas			0
S	Agua	Tarifa			0	0	0	Insecticidas			
	Empaque	N°	60	1.300	78.000	4,17	3,35	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
	Cabuya				0	0	0	Nudrin 216 Litro	2	32000	64.000
	Tratamiento Semilla	Kg ó Lt	250	78,1	19.525	1,04	0,84	Match Litro	0,6	114313	68.588
	Transporte Insumos	Ton/ha	1	6.000	6.000	0,32	0,26				0
	Subtotal Insumos				943.964	50,43	40,59				0
TOTAL COSTOS DIRECTOS					1.871.714		80,47				0
RENDIMIENTOS/TON./HA.					5,65						0
COSTOS DIRECTOS POR TON.					331.277		14,24				0
	Vigilancia Jornal	2 Meses	6	6.000	36.000		1,55				0
O	Asistencia Técnica	Há	1	40.000	40.000		1,72	Subtotal Insecticida			132.588
T	Arrendamiento	Há	1	250.000	250.000		10,75	Biologicos			
R	Intereses Financieros	2,39%	4	943.964	94.396		4,06	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
O	Cuotas e Impuestos	%			0		0				0
S	Administración	2%			33.739		1,45				0
	Otros Servicios	Varios			0		0				0
	Total Otros Costos				454.135		19,53				0
COSTOS TOTALES POR HA					2.325.849			Subtotal Biológico			0

Fuente: (Cueter, 2011)

Tabla 14- Estructura de costos por hectárea para el cultivo de Algodón.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	V/UNIT (\$)	V/TOTAL(\$)	TOTAL	% PART.
1. AREA DE SIEMBRA					300000	7,56
Arriendo	ha	1	300000	300000		
2. SIEMBRA					300500	7,57
Preparacion 1 pase rome	pase	1	65000	65000		
Preparacion 2º pase rome	pase	1	60000	60000		
Semilla Oro Blanco LC-151	kg	21	5500	115500		
Sembradora	Pase	1	60000	60000		
3. RESIEMBRA					0	0
4. RALEO					35000	0,88
Entresaque	Jornal	5	7000	35000		
5. DRENAJE					14000	0,35
Paleros	jornal	2	7000	14000		
6. FERTILIZACION					266500	6,71
6.1. Primera Abonada (Pos-emergencia)						
UREA	Bultos	1	47300	47300		
Abono (8-31-30; 0,3 (B); 0,3 (Zn)	Bultos	1	47300	47300		
Mano de obra	Bultos	2	6000	12000		
6.2. Segunda Abonada (Pos-emergencia)						
UREA	Bultos	2	47300	94600		
Abono (8-31-30; 0,3 (B); 0,3 (Zn)	Bultos	1	47300	47300		
Mano de obra	Bultos	3	6000	18000		
7. CONTROL DE MALEZAS					474609	11,96
7.1 Pre-emergencia						
Herbicida KLIFOS	L	4,5	10500	47250		
Herbicida PROFUIURON	L	0,8	22298	17838		
Aplicación aspersora	Pase	1	20000	20000		
7.2. Control Postemergente (3 aplic)						
Herbicida VERDICT	L	0,7	97100	67970		
Herbicida FINALE	L	1,5	33330	49995		
Herbicida MASTER	L	4	16240	64960		
Herbicida PROFUIURON	L	2	22298	44596		
Mano de obra	Jornal	4,5	8000	36000		
7.2. Control manual (2 aplic)						
Limpia en el hilo	Jornal	18	7000	126000		
8. REGULADOR DE CRECIMIENTO (2 aplic)					85300	2,15
Cloruro de Mepiquat	L	0,6	115500	69300		
Mano de obra	Jornal	2	8000	16000		

9. MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES (11 aplic)					751295	18,93
9.1. Trozadores						
Insecticida EFECTRINA	L	0,5	36400	18200		
Aplicación Aspersora	Pase	1	20000	20000		
9.2. Picudo						
Insecticida ACTARA (1 aplic)	gr	120	445	53400		
Insecticida PROAXIS (focos)	L	0,25	167660	41915		
Insecticida BULLDOCK (focos)	L	0,5	60000	30000		
Insecticida METIL (focos)	L	1	11500	11500		
Tubos Mata Picudo	tubo	1	13000	13000		
Recolección estructuras	jornal	4	7000	28000		
Mano de obra	jornal	6	8000	48000		
9.3. Spodoptera frugiperda						
Insecticida MATCH (1 aplic)	L	0,25	96800	24200		
Insecticida LARVIN (2 aplic)	L	2,7	102674	277220		
Aplicación aerea (2 aplic)	ha	1	32100	32100		
9.4. Mosca Blanca (1 aplic)						
Insecticida TREBON	L	1	47500	47500		
Mano de obra	jornal	2	8000	16000		
9.5. Ramularia						
Fungicida AMISTAR (1 aplic)	L	0,25	200000	50000		
Fungicida TASPA (1 aplic)	L	0,15	268400	40260		
10. DEFOLIANTES					0	0
11. RECOLECCION Y TRANSPORTE					627887	15,82
Mano de obra	kg	3448	126	434448		
Costales	Unidad	10	6600	66000		
Acarreo	Jornal	2	7000	14000		
Empacada	Bultos	115	150	17240		
Cargue	kg	3448	4	13792		
Transporte a desmotadora	kg	3448	20	68960		
Trasvaceo	kg	3448	3,9	13447,2		
12. DESMOTE					465480	11,73
Desmotadora	kg	3448	135	465480		
13. DESTRUCCION DE SOCAS					22000	0,55
Corte parte aerea	ha	1	35000	35000		
Herbicida Amina 720	L	1	12000	12000		
Mano de obra	Jornal	1	10000	10000		
14. ASISTENCIA TECNICA					50000	1,26
Ingeniero Agrónomo	ha	1	50000	50000		

15. DESCUENTOS GREMIALES					466.442	11,75
Comercialización (\$70000/Ton)					241.360	
Comisión Bolsa Nacional Agropecuaria(0.5 % Ingreso Fibra)					27.913	
Conalgodón (\$8080/Ton)					27.860	
Mercadeo					137.920	
Fondo de Fomento Algodonero (0.5% Fibra + 1% Semilla)					31.389	
16. Otros					110.000	2,77
Transporte insumos	ha	1	10000	10000		
Carpas	carpa	1	10000	10000		
Capataz	ha	1	90000	90000		
18. TOTAL COSTO DE PRODUCCION					Total	\$ 3.969.013 100

Fuente: (Cueter, 2011)

A continuación se realiza detalladamente los costos de producción bajo el uso del sistema de riego con pivote, en la cual se estiman las reducciones que dan en el caso bajo este sistema.

Tabla 15- Costos para el cultivo de maíz amarillo en el departamento de Córdoba con el uso de riego por Pivote.

Costos de Produccion - Tecnologia Representativa											
								Precios Internacionales			
TASA DE CAMBIO		CULTIVO : MAIZ TECNIFICADO MECANIZADO						SORGO			
\$ / U.S.\$								FOB			
		Unidad	Cant	Costo Unit.	Cst Total	% C.D.	% C.T.	CIF			
L	PREPARACION							VR.EXPUESTO			
	Incorporación	H.M.			0	0	0	Precio Regional			
	Cincelada	H.M.			0	0	0	MAIZ			
	Arada	H.M.			0	0	0	FOB			
	Rastreada	Ha.	1	70.000	70.000	3,3	2,41	CIF			
A	Rastrillada	Ha.	2	35.000	70.000	3,3	2,41	VR.EXPUESTO			
	Siembra	Ha.	1	40.000	40.000	1,89	1,38	Precio Regional			
	Cultivadas	H.M.			0	0	0	INSUMOS			
	Riego - Drenaje	Jorn	1	7.000	7.000	0,33	0,24	Semilla			
	Labores Manuales	Jorn	12	7.000	84.000	3,96	2,89	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
O	Total Preparacion				271.000	12,79	9,32	Híbrido Kg	29	15.000	435.000
	APLICACIONES							Semevin C.C	250	100	25.000
	Fertilizantes	H.M.	0	7.000	0	0	0				0
	Herbicida terrestre		0	15.000	0	0	0				0
	Herbicida aéreo	Vuelo			0	0	0				0
R	Fungicida terrestre	H.M.			0	0	0	Subto tal Semilla			460.000
	Fungicida aéreo	Vuelo			0	0	0	Fertilizantes			
	Insecticida terrestre	H.M.			0	0	0	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
	Insecticida aerea	Vuelos	0	30.000	0	0	0	Menores Kg	25	1200	30.000
	Aplicación Bio lógicos				0	0	0	DAP Kg	50	950	47.500
S	Total Aplicaciones				0	0	0	KCL Kg	50	650	32.500
	RECOLECCION							Urea 46% Kg	150	1000	150.000
	Cosechadora Mecanic	Bultos	69	3.300	227.700	10,74	7,83	Subto tal Fertilizant		3.800	260.000
	Jornales Manipuleo Int	Ton	5,6	5.000	28.000	1,32	0,96	Herbicidas			
	Zorro	Bultos	69	400	27.600	1,3	0,95	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
	Secamiento	Ha.	5,6	36.000	201.600	17	6,94	Dual Goal Litro	12	75.657	90.788
	Transporte Acopio	Ha.	5,6	16.000	89.600	4,23	3,08	Atrazina 500 Litro	2,5	9.625	24.063
	Total Recolección				574.500	27,11	19,77				0
	Subto tal Labores				845.500	39,89	29,09	Subto tal Herbicidas			114.851
	INSUMOS								Fungicidas		
I	Semilla	Kg	29	15.000,00	435.000	20,52	14,97	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
	Fertilizantes	Kg	275	945,45	260.000	12,27	8,95				0
S	Insecticidas	Kg ó Lt	2,6	50.995,31	132.588	6,26	4,56				0
U	Fungicidas	Kg ó Lt			0	0	0				0
M	Herbicidas	Kg ó Lt	3,7	31040,78	114.851	5,42	3,95				0
O	Bio lógicos	Kg ó Lt			0	0	0	Subto tal Fungicidas			0
S	Agua	Tarifa			0	0	0	Ins ecticidas			
	Empaque	Nº	60	1300	78.000	3,68	2,68	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO
	ACPM	galones	38	6.000	228.000	10,76	7,84	Nudrin 216 Litro	2	32000	64.000
	Tratamiento Semilla	Kg ó Lt	250	78,1	19.525	0,92	0,67	Match Litro	0,6	114313	68.588
	Transporte Insumos	Ton/ha	1	6.000	6.000	0,28	0,21				0
	Subto tal Insumos				1.273.964	60,11	43,83				

TOTAL COSTOS DIRECTOS						2.119.464		72,92					0
RENDIMIENTOS/TON./HA.						8							0
COSTOS DIRECTOS POR TON.						264.933		9,11					0
O T R O S	Vigilancia Jornal	2 Meses	6	6.000	36.000			124					0
	Asistencia Técnica	Há	1	40.000	40.000			138	Subtotal Insecticida				132.588
	Arrendamiento	Há	1	300.000	300.000			10,32	Biológicos				
	Intereses Financieros	2,39%	4	1273.964	127.396			4,38	DESCRIPCION	CANT	VALOR	PRECIO	
	Cuotas e Impuestos	%			0			0					0
	Administración	2%			33.739			1,16					0
S	Depreciación	Varios	1	250.000	250.000			8,6					0
	Total Otros Costos				787.135			27,08					0
COSTOS TOTALES POR HA						2.906.599			Subtotal Biológico				0
REND.TON/Ha. Seco						7,5			Labores Manuales				
COSTO TOTAL POR TON.						387.547				CANTIDAD	VALOR	PRECIO	
									Raleo Jornal	3	7000	21000	
PRECIO TONELADA						550.000			Limpia Manual Jornal	6	7000	42.000	
INGRESO BRUTO						4.125.000			Denaje Jornal	2	7000	14.000	
INGRESO NETO						1218.401			Descope	3	7000	21000	
RENTABILIDAD						41,92%			Subtotal Lab.Manual				98.000
RESUMEN DE COSTOS DE PRODUCCION PARA MAIZ TECNIFICADO MECANIZADO													
PREPARACION								271000	OTROS INDICES FINANCIEROS				
LABORES MANUALES								112.000					
APLICACIÓN DE INSUMOS								0					
RECOLECCION								574.500					
TOTALES LABORES								845.500					
INSUMOS								1273.964					
COSTOS DIRECTOS								2.119.464					
OTROS COSTOS								787.135					
COSTOS TOTALES								2.906.599					

Fuente: (Cueter, 2011)

El uso del sistema de producción de maíz tecnificado con riego por pivote, se incrementan los gastos por hectárea a razón de \$2.906.599, los que indica un incremento de \$344,800; es decir un 11,86% del sistema tecnificado sin uso de riego. Cabe resaltar que con la implementación del sistema de riego por pivote los rendimientos se incrementan en 2 toneladas por hectárea lo cual genera una rentabilidad de 41,92% y un Ingreso neto de \$1.218,401/ha.

Los incrementos en los rendimientos se basan en el efecto oportuno del agua cuando esta lo requiera; a su vez, la eficacia en la aplicación de los fertilizantes, y controles de plagas, malezas entre otros, favorecen los rendimientos. En el

sistema tecnificado sin aplicación de riego se tienen costo de producción de \$2.325.849/ha, con una rentabilidad de 22,97%, la cual está directamente relacionada con el precio de venta, que por obtener producción en la época de mayor oferta, los precios se reducen, lo que estaría indicando un Ingreso neto de \$534.151/ha.

La diferencia del sistema tecnificado con respecto al sistema tecnificado con el uso de riego con pivote, es de \$684.250/ha, es decir los ingresos se incrementan en 56.15% en relación a los ingresos generados a partir del sistema tecnificado sin riego.

Tabla 16- Costos para el cultivo del algodón en el departamento de Córdoba con el uso de riego por Pivote.

COSTOS DE PRODUCCIÓN ALGODÓN RIEGO						
CONCEPTO	UNIDAD	Cant	V/UNIT (\$)	V/TOTAL(\$)	TOTAL	% PART.
1. AREA DE SIEMBRA					300000	6,51
Arriendo	ha	1	300000	300000		
2. SIEMBRA					285500	6,19
Preparacion 1 pase rome	pase	1	70000	70000		
Preparacion 2 pase rome	pase	1	60000	60000		
Semilla Oro Blanco LC-151	kg	21	5500	115500		
Sembradora	Pase	1	40000	40000		
3. RESIEMBRA					0	0
4. RALEO					35000	0,76
Entresaque	Jornal	5	7000	35000		
5. DRENAJE Y RIEGO					20000	0,43
Operario para riego	Jornal	1,5	4000	6000		
Paleros	jornal	2	7000	14000		
6. FERTILIZACION					236500	5,13
6.1. Primera Abonada (Pos-emergencia)						
UREA	Bultos	1	47300	47300		
Abono (8-31-30; 0,3 (B); 0,3 (Zn)	Bultos	1	47300	47300		
Mano de obra	Bultos	0	0	0		
6.2. Segunda Abonada (Pos-emergencia)						
UREA	Bultos	2	47300	94600		
Abono (8-31-30; 0,3 (B); 0,3 (Zn)	Bultos	1	47300	47300		
Mano de obra	Bultos	0	0	0		

7. CONTROL DE MALEZAS					419609	9,1
7.1 Pre-emergencia						
Herbícida KLIFOS	L	4,5	10500	47250		
Herbícida PROFIURON	L	0,8	22298	17838		
Aplicación aspersora	global	0	0	0		
7.2. Control Postemergente (3 aplic)						
Herbícida VERDICT	L	0,7	97100	67970		
Herbícida FINALE	L	1,5	33330	49995		
Herbícida MASTER	L	4	16240	64960		
Herbícida PROFIURON	L	2	22298	44596		
Mano de obra	Jornal	4,5	8000	36000		
7.2. Control manual (2 aplic)						
Limpia en el hilo	Jornal	13	7000	91000		
8. REGULADOR DE CRECIMIENTO (2 aplic)					69300	1,5
Cloruro de Mepiquat	L	0,6	115500	69300		
Mano de obra	Jornal	0	0	0		
9. MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES (11 aplic)					651195	14,12
9.1. Trozadores						
Insecticida EFECTRINA	L	0,5	36400	18200		
Aplicación Aspersora	Pase	0	0	0		
9.2. Picudo						
Insecticida ACTARA (1 aplic)	gr	120	445	53400		
Insecticida PROAXIS (focos)	L	0,25	167660	41915		
Insecticida BULLDOCK (focos)	L	0,5	60000	30000		
Insecticida METIL (focos)	L	1	11500	11500		
Tubos Mata Picudo	tubo	1	13000	13000		
Recolección estructuras	jornal	4	7000	28000		
Mano de obra	jornal	0	0	0		
9.3. Spodoptera frugiperda						
Insecticida MATCH (1 aplic)	L	0,25	96800	24200		
Insecticida LARVIN (2 aplic)	L	2,7	102674	277220		
Aplicación aerea (2 aplic)	ha	0	0	0		
9.4. Mosca Blanca (1 aplic)						
Insecticida TREBON	L	1	47500	47500		
Mano de obra	jornal	2	8000	16000		
9.5. Ramularia						
Fungicida AMISTAR (1 aplic)	L	0,25	200000	50000		
Fungicida TASPAS (1 aplic)	L	0,15	268400	40260		

10. DEFO LIANTES					0	0
11. RECOLECCION Y TRANSPORTE					747380	16,21
Mano de obra	kg	4200	126	529200		
Costales	Unidad	10	6600	66000		
Acarreo	Jornal	2	7000	14000		
Empacada	Bultos	140	150	21000		
Cargue	kg	4200	4	16800		
Transporte a desmotadora	kg	4200	20	84000		
Trasvaceo	kg	4200	3,9	16380		
12. DESMOT IE					567000	12,3
Desmotadora	kg	4200	135	567000		
13. DESTRUCCION DESOCAS					57000	1,24
Corte parte aerea	ha	1	35000	35000		
Herbicida Amina 720	L	1	12000	12000		
Mano de obra	Jornal	1	10000	10000		
14. ASISTENCIA TECNICA					50000	1,08
Ingeniero Agrónomo	ha	1	50000	50000		
15. DESCUENTOS GREMIALES					569.050	12,34
Comercialización (\$70000/Ton)				294.000		
Comisión Bolsa Nacional Agropecuaria(0.5 % Ingreso Fibra)				34.440		
Conalgodón (\$8080/Ton)				33.936		
Mercadeo				168.000		
Fondo de Fomento Algodonero (0.5% Fibra + 1% Semilla)				38.674		
16. Otros					603.000	13,08
Transporte insumos	ha	1	10000	10000		
Agua	ha	1	15000	15000		
ACPM motor de Riego	galones	38	6000	228000		
Depreciación sistema de riego	semestre	1	250000	250000		
Carpas	carpa	1	10000	10000		
Capataz	ha	1	90000	90000		

Fuente: (Cueter, 2011)

Con el uso del sistema de producción de algodón tecnificado con riego por pivote, se incrementan los gastos por hectárea a razón de \$4.610.534, los que indica un

incremento de \$657.288; es decir un 14,25% del sistema tecnificado sin uso de riego. Cabe resaltar que con la implementación del sistema de riego por pivote se obtienen rendimientos 4.2 toneladas por hectárea lo cual genera una rentabilidad de 58.58% y un Ingreso neto de \$2.700.826/ha.

Los incrementos en los rendimientos se basan en el efecto oportuno del agua cuando esta lo requiera, y la fecha de siembra; a su vez, la eficacia en la aplicación de los fertilizantes, y controles de plagas, malezas entre otros, favorecen los rendimientos. En el sistema tecnificado del cultivo del algodón sin aplicación de riego se tienen costo de producción de \$3.908.408/ha, con una rentabilidad de 32.01%, la cual está directamente con los rendimientos, lo que indica un Ingreso neto de \$1.251.262/ha.

La diferencia del sistema tecnificado con respecto al sistema tecnificado de algodón con el uso de riego con pivote, es de \$1.449.564/ha, es decir los ingresos se incrementan en 53,67% en relación a los ingresos generados a partir del sistema tecnificado sin riego.

7

8

9

10CONCLUSIONES

- La implementación de sistemas de riego contribuyen tanto a la tecnificación del como al desarrollo del campo, y son métodos para lograr mayores producciones sobre los cultivos de forma controlada, para esto el capital humano (operarios) desempeña un papel fundamental dentro del proceso; de estas personas depende el correcto y oportuno funcionamiento de los sistemas de riego.
- La correcta utilización de las diferentes fuentes acuíferas presentes en el país permiten realizar riegos adecuados en diferentes regiones, la falta de tecnificación del campo colombiano y la no utilización de estas fuentes retrasan el desarrollo del campo.
- La aplicación de los diferentes modelos matemáticos y fórmulas de ingeniería permiten realizar un correcto diseño de un equipo confiable y con las características necesarias para su funcionamiento a la hora de su puesta en marcha.
- La legislación colombiana promueve e impulsa la tecnificación y desarrollo del campo, reduciendo los valores de los diferentes sistemas que aporten valor a la agricultura y economía del campo.
- La hacienda Asturias con sus fértiles terrenos es apta para la implementación de un sistema de riego tecnificado, ya que esta cuenta con las características hídricas, y de suelos necesarias para el cultivo, el tipo de

riego recomendado para la hacienda es el pivote central móvil de 17.13 ha (TIPO B), ya que este cuenta con mejores dimensiones y una factibilidad apta para el cultivo tanto de pastos como de maíz y algodón.

11 BIBLIOGRAFIA

Latinpyme . Latinpyme. [En línea] [Citado el: 26 de Octubre de 2010.] <http://latinpymes.com/site/2010/01/a-tecnificar-el-campo/>.

Agenda21. Desarrollo Sostenible. [En línea] [Citado el: 21 de Abril de 2011.] <http://www.absostenible.es/index.php?id=80>.

Agricultura, Ministerio de. 1998. Alcaldia de Bogota. [En línea] 24 de Diciembre de 1998. [Citado el: 15 de Mayo de 2011.] <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=187#0>.

Agricultura, Ministerio De. 2007. Ministerio De Agricultura. [En línea] 22 de Junio de 2007. [Citado el: 23 de Octubre de 2010.] <http://www.minagricultura.gov.co/inicio/default.aspx>.

Agriculturama. 2010. Agriculturama. [En línea] 26 de Octubre de 2010. [Citado el: 6 de Junio de 2011.] <http://agrialimentos.blogspot.com/2010/10/riego-con-aspersores.html>.

Allen, Richard G. 2006. *Evapotranspiración del cultivo*. Roma : 2006, 2006. 92-5-304219-2.

Ciclohidrologico.com. Ciclohidrologico. [En línea] [Citado el: 20 de Junio de 2011.] <http://www.ciclohidrologico.com/precipitacin>.

colombialink. 2010. colombialink. [En línea] 2010. [Citado el: 22 de Julio de 2011.] http://www.colombialink.com/01_INDEX/index_geografia/index_geografia_hidrografia.html.

Córdoba, Gobernacion de. 2011. Gobernacion de Cordoba. [En línea] 2011. [Citado el: 20 de Junio de 2011.] http://www.cordoba.gov.co/cordoba_municipios.html.

CORNELL. Caornellpump. [En línea] [Citado el: 20 de Julio de 2011.] <http://www.cornellpump.com/products/clearliquidpumps/performance.html>.

Cueter, Abraham. 2011. Monteria, 20 de Junio de 2011.

CVS. 1993. Corporacion autonoma regional de los valles del Sinú y Del San Jorge. [En línea] 1993. [Citado el: 15 de Marzo de 2011.] http://www.cvs.gov.co/images/stories/docs/tramites/Formato_unico_nacional_para_concesion_de_Aguas_Superficial.pdf.

Fagro. 2004. fagro. [En línea] 2004. [Citado el: 30 de Junio de 2011.] <http://www.fagro.edu.uy/~agromet/curso/1-2/TeoMetodos.pdf>.

FINAGRO. 2006. Todacolombia. [En línea] 18 de Mayo de 2006. [Citado el: 20 de Mayo de 2011.] <http://www.todacolombia.com/departamentos/cordoba.html>.

Google Maps. 2005. Google Maps. [En línea] 10 de 10 de 2005. [Citado el: 13 de Abril de 2011.] <http://maps.google.com/>.

hogarutil.com. 2011. hogarutil.com. [En línea] 2011. [Citado el: 8 de Junio de 2011.] <http://www.hogarutil.com/jardineria/mantenimiento/herramientas-accesorios/201106/sistema-riego-goteo-9066.html>.

IGAC. 2009. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Junio de 2011.] http://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Suelo/Estudios%20Deptos/C%C3%B3rdoba/210610_IGAC_Capac_uso_Cordoba_2009.pdf.

—. 2009. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Junio de 2011.] http://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Suelo/Estudios%20Deptos/C%C3%B3rdoba/210610_IGAC_Gener_Suelos_Cordoba_2009.pdf.

Infojardin. 2009. Infojardin. [En línea] 2009. [Citado el: 8 de Junio de 2011.] <http://articulos.infojardin.com/articulos/sistemas-riego-jardin.htm>.

Inta. 2002. Inta. [En línea] 2002. [Citado el: 10 de Junio de 2011.] http://www.inta.gov.ar/region/mesa/galeria/riego_03.htm.

Mangueras&Maderas. 2006. Mangueras & Maderas. [En línea] 2006. [Citado el: 15 de Mayo de 2011.] <http://www.manguerasymaderasplasticassa.com/mangueras.htm>.

MAQUINARIapro. Maquinariapro. [En línea] [Citado el: 26 de Febrero de 2011.] <http://www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html>.

Mora, Juan Carlos. 2011. Medellín, 30 de Julio de 2011.

Mundial, Banco. Banco Mundial. [En línea] [Citado el: 26 de Octubre de 2010.] <http://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS?display=default>.

NAANDANJAIN. 2009. NAANDANJAIN. [En línea] 11 de Diciembre de 2009. http://naandan.consistdev.co.il/s/1/&mod=catalog&cc_id=4&cp_id=42.

OCHA. 2007. OCHA. [En línea] 16 de Agosto de 2007. [Citado el: 25 de Junio de 2011.] <http://www.colombiassh.org/site/spip.php?article162>.

Penuela, Viveros la. 2009. Viveros la penuela. [En línea] 2009. [Citado el: 8 de Junio de 2011.] http://www.viveroslapenuela.com/sistemas_riego_goteo_exudacion.asp.

plasticosrex. 2009. [En línea] Agosto de 2009. [Citado el: 1 de Agosto de 2011.] <http://www.plasticosrex.com.mx/Tuberia.htm>.

Ramírez, Fabian Danilo. 2011. Medellín, 14 de Mayo de 2011.

Riegos del Norte. 2008. Monteria : s.n., 2008.

Riegos Lopez Guisado . 2009. Riegos Lopez Guisado. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Junio de 2011.] <http://www.riegoslopezguisado.com/index.html>.

Rossmann, Lewis A. 2000. EPANET. [En línea] Septiembre de 2000. [Citado el: 15 de Junio de 2011.] <http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet/EN2manual.PDF>.

Santa-María, Ricardo. 2011. Medellín, 23 de Junio de 2011.

Senninger Irrigation. Senninger Irrigation Inc. [En línea] [Citado el: 12 de Abril de 2011.] <http://www.senninger.com/es/senninger-products/mechanized-irrigation/goosenecks/>.

SFcalefaccion. 2008. SFcalefaccion. [En línea] 2008. [Citado el: 8 de Junio de 2011.] <http://www.sfcalefaccion.com/>.

T-L Irrigation. T-L Irrigation. [En línea] [Citado el: 4 de Junio de 2011.]

Traxco. Traxco. [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2011.] <http://www.traxco.es/pages/posts/informacion-general-del-pivot-central177.php>.

—. 2010. Traxco. [En línea] 10 de Octubre de 2010. [Citado el: 11 de Enero de 2011.] <http://www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/historia-ancestral-del-riego>.

Wikipedia. Wikipedia. [En línea] [Citado el: 25 de Octubre de 2010.] http://es.wikipedia.org/wiki/R%C3%ADo_Sin%C3%BA.

—. **2011.** Wikipedia. [En línea] 21 de Julio de 2011. [Citado el: 30 de Julio de 2011.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Riego>.

—. **2011.** Wikipedia. [En línea] 13 de Mayo de 2011. [Citado el: 17 de Junio de 2011.] http://es.wikipedia.org/wiki/Canal_de_riego.

12ANEXOS

Anexo 1. Cotización transporte terrestre Caritrans.



Medellín, 27 de julio de 2011

Señores
SANTA MARIA VILLA S.A.
Medellín

Asunto: Cotización de transporte terrestre en contenedor.

Respetados señores:

Atendiendo su solicitud me permito cotizar el transporte de un contenedor que contiene un sistema de riego proveniente de Cartagena, hacia Valencia Córdoba así:

Flete por contenedor de 40 pies \$1.800.000.00

Este flete no incluye cargue ni descargue del contenedor.

Caritrans posee una póliza de responsabilidad civil para transportadores que cubre hasta \$200 millones por despacho. No obstante, dada la naturaleza jurídica de nuestra póliza, es importante que Santa Maria Villa S.A., tenga también su póliza, para que en caso de un siniestro, se pueda ejercer un arreglo entre ambas compañías.

Reciba un cordial saludo,


Gloria Ospina U.
GLORIA CECILIA OSPINA M.
Gerente Comercial

MEDELLÍN (Agencia Principal)	CALI	BOGOTÁ	CARTAGENA	URABÁ	BUENAVENTURA
Carrera 43 No. 31-73. Sector San Diego PBX: 232 86 27 FAX: 232 55 77 APARTADO: 60219	Calle 13 No. 20G-156. Cencar. Autopista Cali-Yumbo TELS: 666 70 31 - 666 70 32 FAX: 666 70 33	Avenida 6ª No. 32A-35. Piso 3. Oficina 302. Veraguas Central TELS: 351 07 49 - 562 19 29 TELEFAX: 370 28 84	Transversal 53 No. 20-109. El Bosque. Calle la Giralda TEL: 669 42 53 TELEFAX: 669 40 15	Calle 72. Carrera 78 No. 78-11. Barrio Laureles. Carepa TELEFAX: 823 65 60	Calle 8. No. 4-22. Barrio Obrero. TELEFAX: 240 03 87
Caritrans@caritrans.com.co	Caritrans.Cali@caritrans.com.co	Caritrans.Bogota@caritrans.com.co	Caritrans@costa.net.co	Aux.Uraba@caritrans.com.co	Aux.Buenaventura@caritrans.com.co